ORGANIZADOR

Fabrício Moraes de Almeida

INNOVATE:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Atena Editora

Ano 2023

ORGANIZADOR

Fabrício Moraes de Almeida

INNOVATE:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Atena Editora
Ano 2023

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Thamires Camili Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Innovate: Engenharia de computação

Diagramação: Ellen Andressa Kubisty
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Fabrício Moraes de Almeida

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I58 Innovate: Engenharia de computação / Organizador Fabrício Moraes de Almeida. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-1612-8
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.128232108

1. Engenharia de computação. I. Almeida, Fabrício Moraes de (Organizador). II. Título.

CDD 621.39

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

DECLARAÇÃO DA EDITORA

APRESENTAÇÃO

A inovação é fundamental para engenharia de computação. Os engenheiros precisam ser capazes de otimizar a criatividade e resolver problemas de novas maneiras. Eles também precisam estar atualizados com as últimas tecnologias e tendências, como por exemplo: gêmeo digital, RPA, computação de borda; Indústria 4.0 (i4.0); IoT; IoTT; redes de 5G ou 6G; Transformer (que substituiu a rede RRN), computação quântica, informação quântica, spintrônica, computação em nuvem, Solidity para EVM e **n** outras invenções computacionais de hardware ou software que convergem para tecnologia disruptiva.

Há várias formas de propor a inovação na engenharia de computação. Uma maneira é desenvolver novas tecnologias; outra é encontrar novas formas de usar tecnologias existentes. Os engenheiros de computação também podem inovar os processos como eles trabalham. Por exemplo, eles podem usar novas ferramentas e metodologias para tornar seu trabalho mais ágil, eficiente e eficaz.

A inovação é propulsora para engenharia de computação pois permite que os engenheiros criem novas soluções para problemas diversos, isto é, computação para melhoria na qualidade de vida, no desenvolvimento econômico, na segurança nacional, etc.

Eis alguns exemplos da relação entre a inovação e a engenharia de computação: desenvolvimento de novos tipos de computação, como a computação quântica, que pode resolver os problemas complexos ou impossíveis de resolver com computação tradicional, uma nova tipologia de inteligência artificial para otimizar, automatizar tarefas e tomar decisões; a engenharia de software pode ser usada para maximizar qualidade das aplicações industriais, da educação, da saúde e da segurança.

Portanto, inovar na engenharia de computação está acontecendo com ritmo acelerado e os engenheiros devem visualizar a qualificação com foco no *upgrade* para atingir o sucesso profissional no século 21. É verdadeiro que o livro apresenta uma fundamentação teórico-prática nos resultados obtidos pelos diversos autores e coautores no desenvolvimento de cada capítulo com conhecimento técnico-científico autêntico. Além disso, a editora Atenas oferece uma divulgação científica com qualidade e excelência, essencial para conquistar o destaque entre as melhores editoras do Brasil.

Fabrício Moraes de Almeida

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

DESENVOLVIMENTO DE GÊMEO DIGITAL PARA MEDIÇÃO ROBOTIZADA DE ESPESSURA EM SUPERFÍCIE DE TUBULAÇÃO EXTERNA DA USINA NUCLEAR DE ANGRA 1

Rogério Adas Pereira Vitalli
João Manoel Losada Moreira

https://doi.org/10.22533/at.ed.1282321081

CAPÍTULO 2 19

APLICAÇÃO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS EM MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE: UM ENFOQUE NOS MAPAS COGNITIVOS FUZZY DINÂMICOS SIMPLIFICADOS

Márcio Mendonça
Marcos Antônio de Matos Laia
Marcio Aurélio Furtado Montezuma
Fabio Rodrigo Milanez
Rodrigo Rodrigues Sumar
Janaína Fracaro de Souza Gonçalves
Ricardo Breganon
Vicente de Lima Gongora
Francisco de Assis Scannavino Junior
Michelle Eliza Casagrande Rocha
Marcio Jacometti
João Maurício Hypólito
Renato Augusto Pereira Lima
Fabio Nogueira de Queiroz
Kazuyochi Ota Junior
Henrique Cavalieri Agonilha
Augusto Alberto Foggiato

https://doi.org/10.22533/at.ed.1282321082

CAPÍTULO 3 32

ESTUDIO DE LA MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE COLOR DE PLÁTANO UTILIZANDO UN SISTEMA DE VISIÓN POR COMPUTADORA

Russel Allidren Lozada Vilca
Adriana Fiorela Auccallpa Paucar
Greysi Lizbeth Rojas Reyes
Laura Beatriz Marina Quispe Coaquira
Jose Manuel Prieto
Pedro Nicoyani Mamani Ordoñez
Madelaine Huánuco Calsín
Valeriano Pari Torres
Ciro William Taipe Huamán
Susana Gladis Vilca Achata
Olivia Magaly Luque Vilca

https://doi.org/10.22533/at.ed.1282321083

CAPÍTULO 4 43

O USO DA *UNIFIED MODELING LANGUAGE* (UML) NA MODELAGEM DE *SOFTWARE*

Henderson Matsuura Sanches

https://doi.org/10.22533/at.ed.1282321084

CAPÍTULO 5 51

ESTUDO BIBLIOMÉTRICO: ML APLICADA NA AGRICULTURA

Gizele Ferreira da Silva

David Lopes Maciel

Fabrício Moraes de Almeida

https://doi.org/10.22533/at.ed.1282321085

CAPÍTULO 6 64

GOODS AND SERVICES TAX DYNAMICS: A MULTIPLE LINEAR REGRESSION STUDY FOR BRAZILIAN STATES

Patrícia Ferreira Motta Café

Luciano Neves Fonseca

Ricardo Chaim

https://doi.org/10.22533/at.ed.1282321086

CAPÍTULO 7 83

MEDIAÇÃO TECNOLÓGICA NO ENSINO REMOTO DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19

Luís Cláudio Dallier Saldanha

https://doi.org/10.22533/at.ed.1282321087

SOBRE O ORGANIZADOR 96

ÍNDICE REMISSIVO 97

DESENVOLVIMENTO DE GÊMEO DIGITAL PARA MEDIÇÃO ROBOTIZADA DE ESPESSURA EM SUPERFÍCIE DE TUBULAÇÃO EXTERNA DA USINA NUCLEAR DE ANGRA 1

Data de aceite: 01/08/2023

Rogério Adas Pereira Vitalli
Laboratório Interdisciplinar de Energia Nuclear (Nuc-Lab), Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André/SP, Brasil

João Manoel Losada Moreira
Laboratório Interdisciplinar de Energia Nuclear (Nuc-Lab), Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André/SP, Brasil

RESUMO*:* Os sistemas tradicionais de manufatura implementam paradigmas para inserir mais flexibilidade e reconfigurabilidade em sua estrutura de controle. No entanto, esses conceitos oferecem flexibilidade de reconfiguração de componentes para atender à nova demanda da Indústria 4.0. Nesses sistemas, são especificados mecanismos de controle com utilização previsível da funcionalidade de recursos. O contexto do Gêmeo digital revela ambientes de maior complexidade, exigindo propostas de paradigmas emergentes, como Comissionamento Virtual, que tratam de componentes modulares e avançados. Por outro lado, o desenvolvimento de soluções robóticas para inúmeras aplicações da Indústria se torna mais factível. Com base nisso, este trabalho apresenta uma proposta de arquitetura para desenvolver um Sistema Robótico para Medição de Espessura de superfície das tubulações do secundário da Usina Nuclear Angra 1 (SRME). Este trabalho compara conceitos e paradigmas de “objetos virtuais” emergentes, que estabelecem uma linha de ação para agregar valor em relação aos aspectos arquitetônicos para a relação dos componentes i4.0. Portanto, são feitas discussões técnicas sobre os requisitos para lidar desde a concepção até os requisitos funcionais de desenvolvimento do end-effector, gêmeo digital e a criação de um método de comissionamento para robôs industriais.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria 4.0, Gêmeo Digital, Medição de Espessura, Comissionamento Virtual, Angra 1, Sistemas Robóticos

1 I INTRODUÇÃO

A indústria tem estudado extensivamente conceitos para agregar maior flexibilidade aos sistemas de manufatura tradicionais. No entanto, é

necessário especificar os recursos, processos e produtos para executar várias tarefas. A “reconfigurabilidade” subdivide esses recursos em unidades menores que realizam inúmeras atividades em termos de “funcionalidades” [1, 4].

O contexto da Indústria 4.0 (i4.0), tratado neste trabalho, requer propostas capazes de lidar com ambientes de incerteza e maior complexidade. A essência fundamental da “complexidade” é que ela não consegue compreender completamente o sistema, ao contrário do que acontece com os métodos que lidam com reconfigurabilidade ou flexibilidade para os quais as aplicações são projetadas com base em “características” conhecidas [1, 2, 4].

Os sistemas tradicionais são altamente rígidos, sendo necessário pré-programar ou inserir novas regras atribuídas por mecanismos superiores para garantir maior “Flexibilidade” em caso de alterações nas “funcionalidades” [5]. Em [3] refere que não é possível resolver cenários de “imprevisibilidade” com base num sistema ao qual descreve “funcionalidades” de forma previsível. [2] enfatiza que os sistemas devem evoluir, ser projetados com base em módulos que tenham capacidade de “reconfigurabilidade”[4, 6]. Nesse sentido, este trabalho tem como foco desenvolver um Sistema Robótico para Medição de Espessura de parede das tubulações do secundário da Usina Nuclear Angra 1 (SRME) que é composto de 3 unidades. A primeira unidade é um veículo que pode ser operado remotamente para possibilitar deslocamento do SRME até aos tubos de diferentes diâmetros e permitir as medidas de espessura. Esta unidade é denominada Unidade Veículo Operado Remotamente (UROV) para a movimentação do SRME. A segunda unidade é uma célula robótica de trabalho indexada na UROV, equipada com um braço robótico que realiza os movimentos e ações de inspeção e que tem instalados os sensores que permitem a movimentação aos pontos de medição e a medição externa da espessura da parede da tubulação. Esta unidade é denominada Unidade Célula Robótica de Medição de Espessura (UMRC). A terceira unidade contém todos os outros sistemas do SRME como, cabos de alimentação de potência, cabos de transmissão de dados, informações em tempo real, computadores e equipamentos ancilares. Esta unidade é denominada Unidade de Comunicação, Fornecimento de Potência e Serviços Ancilares (UCPA).

O método adotado para o desenvolvimento da parte robótica do SRME baseia-se na técnica de “digital twin” (DT) que permite dividir o processo de projetar a Unidade Célula Robótica de Medição de Espessura (UMRC) em duas partes: a) uma primeira etapa de desenvolvimento via simulação (projeto virtual) e b) uma segunda parte na qual o projeto físico é construído a partir dos dados do projeto virtual, isto é, toda a programação do Robô ABB é importada do projeto virtual [7, 8, 9].

Este artigo está organizado da seguinte forma. Na seção 2, a Revisão da Literatura trata dos principais conceitos de Gêmeos Digitais e Comissionamento Virtual que são comparados e, por fim, o contexto (i4.0) é tratado. A Seção 3 apresenta a Proposta de Trabalho, onde foram discutidos os detalhes arquiteturais para implementar solução do problema de medição da espessura em superfície da tubulação externa da usina de Angra

1, um mecanismo para isso é descrito utilizando diretrizes de arquitetura de controle emergentes. Por fim, a seção 4 apresenta as considerações finais.

2 I REVISÃO DA LITERATURA

Este trabalho procura apresentar, por meio de projetos emergentes, o conceito de gêmeos digitais foi nomeado uma das 10 principais tecnologias estratégicas do Gartner Tendências para 2022 [10]. Thomas Kaiser, vice-presidente sênior da SAP Presidente da IoT, colocou desta forma: "Os gêmeos digitais estão se tornando um imperativo de negócios, cobrindo todo o ciclo de vida de um ativo ou processo e formando a base para produtos e serviços conectados. As empresas que não responderem serão deixadas atras do." Estima-se que dentro de três a cinco anos, bilhões de coisas estarão representadas por gêmeos digitais [11]. Usando dados físicos sobre como os componentes de uma coisa operam e responder ao ambiente, bem como aos dados fornecidos por sensores no ambiente físico mundo, um gêmeo digital pode ser usado para analisar e simular condições do mundo real, responde às mudanças, melhora as operações e agrega valor.

A Indústria 4.0 (i4.0), que vem sendo conhecida como a "Quarta Revolução Industrial", surge com o intuito de atender essa nova demanda global com produtos e serviços customizados [12]. Um dos conceitos que será amplamente utilizadas na i4.0 é o de Gêmeo Digital *(Digital Twin),* que sob uma ótica de produção, incorpora o contexto virtual ao contexto real de um sistema produtivo. Em [13] os Gêmeos Digitais são modelos virtuais muito realísticos do estado atual do processo e seu próprio comportamento em interação com o ambiente em mundo real, neles estão inclusos os equipamentos, e todas as etapas para realização de determinado processo produtivo. [12, 14]. Usando os benefícios do gêmeo digital (GD) e das ferramentas de comissionamento virtual (CV) é possível aumentar a vantagem de comunicação e coordenação entre as áreas da manufatura, permitindo tomadas de decisões mais inteligentes. Isso permite que os sistemas automatizados e as células robotizadas entre em funcionamento (running) muito mais rápido e com menos erros [14].

Segundo [15], o crescente uso do Comissionamento Virtual durante o processo de desenvolvimento de fábricas automatizadas, emparelhado com a crescente solicitação de um melhor controle de qualidade leva à necessidade de plantas virtuais aprimoradas que sistematizam os procedimentos de configurações necessárias para a realização de seus processos. As técnicas comuns de simulação de uma planta baseada no conceito de comissionamento virtual de células robotizadas vão além da necessidade de validação dos algoritmos de controle, ou seja, novas abordagens precisam ser desenvolvidas para atender à demanda de reconfiguração de seus recursos operacionais de forma sistemática, compatível com a flexibilidade que estes recursos autônomos possuem atualmente. A necessidade de novas soluções em Engenharia Robótica® para a concepção de projetos

complexos envolvendo os sistemas físicos e a parte virtual associada a eles, nunca foi tão presente. A tecnologia de comissionamento virtual pode ser considerada como uma das tendências consagradas em montagem automotiva. Entre outros benefícios, promove um tratamento mais eficiente da complexidade associada aos sistemas de montagem, capaz de causar uma redução no tempo de aceleração do sistema em si e uma redução no tempo de desenvolvimento do produto capaz de atender à competitividade do mercado.

Segundo [16], o gêmeo digital sintetiza dados sensoriais de ativos físicos e é usado para simular uma variedade de condições robóticas do canteiro de obras nas quais um agente pode interagir. Como resultado, o agente pode aprender uma estratégia adaptativa de alocação de tarefas que aumenta o desempenho do projeto. Testaram esse método com um projeto de caso em que um projeto robótico de construção virtual (ou seja, tijolos de concreto interligados são entregues e montados por robôs) foi geminado digitalmente para treinamento. Os resultados indicaram que a alocação de tarefas do modelo reduziu o tempo de construção em 36% em três ambientes de teste dinâmico quando comparado a um método baseado em regras modelo imperativo.

Juntamente com as tendências de personalização em massa, as aplicações robóticas flexíveis tornam-se cada vez mais populares. Embora a automação robótica convencional da manipulação da peça de trabalho pareça ter sido resolvida, tarefas avançadas ainda precisam de muito esforço para serem alcançadas. Na maioria dos casos, métodos de programação de robôs no local, que são intuitivos e fáceis de usar, não são aplicáveis em cenários flexíveis. Por outro lado, a aplicação de programação off-line métodos requer modelagem e planejamento cuidadosos. Consequentemente, [17] propõe uma abordagem generalizada da metodologia de desenvolvimento para células de trabalho robóticas pick-and-place flexíveis, a fim de fornecer orientação e, assim, facilitar o processo de desenvolvimento. A metodologia é baseada no conceito Digital Twin (DT), que permite a refinamento iterativo da célula de trabalho tanto no espaço digital quanto no físico. O objetivo é agilizar o processo geral de comissionamento (ou reconfiguração) e reduzir a quantidade de trabalho na célula física de trabalho. Esse pode ser alcançado digitalizando e automatizando o desenvolvimento e mantendo proximidade suficiente. Com isso, a operação do modelo digital pode ser realizada com precisão na célula de trabalho física. A metodologia é apresentada por meio de uma tarefa *pick-and-place* semiestruturada, realizada em uma célula de trabalho robótica experimental em conjunto com um cenário de reconfiguração. [18, 19].

3 | PROPOSTA DE TRABALHO

Esta proposta de trabalho está separada em três partes: a) As discussões técnicas são apresentadas através dos requisitos para a representação das funcionalidades e do desenvolvimento customizado do end-effector robótico (garra) para que o robô industrial

da ABB localizado no Laboratório de Robótica da UFABC possa realizar as medições de espessura de tubulação externa de forma automática. b) A segunda parte deste trabalho lida com a proposta de concepção e justificativa do end-effector. c) Por fim, a terceira parte deste trabalho é designada ao gêmeo digital e comissionamento virtual.

A. DISCUSSÃO TÉCNICA

Esta seção apresenta o gatilho para a verificação dos subsistemas no contexto i4.0. Em seguida, são feitas definições das unidades que descrevem os submodelos baseados em subprojetos, finalmente são definidos diferentes níveis entre os subsistemas.

A1. Definições e siglas

Abaixo, são apresentados os subprojetos:

a. SRME – Sistema Robótico de Medição de Espessura;

b. UMRC – Unidade Célula Robótica de Medida de Espessura;

c. UROV – Unidade Veículo Operado Remotamente;

d. UCPA – Unidade Comunicação de Dados, Potência e Serviços Ancilares;

e. Protótipo – Protótipo da UMRC a ser instalado no Laboratório de Robótica da UFABC para verificação física do processo robótico de medida de espessura de tubulações.

A2. Requisitos funcionais do end-effector

O robô industrial ABB (Fig. 1A) deve ser capaz de medir a espessura das tubulações com o sensor de espessura (Fig. 1B) instalado no end-effector. O robotista deve aproximar o robô até os pontos de medidas da tubulação (Fig. 1C) e a partir daí o robô, com seu sistema de orientação espacial deve varrer automaticamente todos os pontos de medida. O primeiro “ponto” deverá ser gravado de forma manual pelo “robotista”, ou seja, esse profissional movimenta o robô industrial através do “teach pendant” para a primeira posição real de medição da espessura marcada na parede da tubulação. Haverá acoplado ao “end-effector” um sensor ultrassônico para medir a distância de aproximação do end-effector do robô à parede da tubulação externa.

Os requisitos funcionais foram divididos em 3 grupos (A,B,C) para melhor compreensão: posicionamento do end-effector no local de medição; realizar a medição e transmitir o resultado da medição para a UCPA.

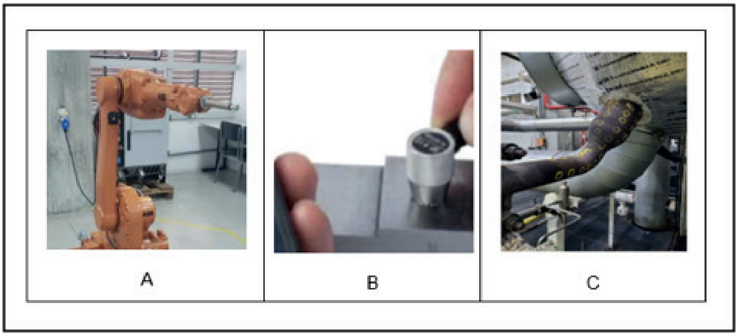


Fig. 1. Sistema robótico ABB (A), sensor de espessura (B) e seção de tubulação mostrando o grid de locais que são objetos de medida de espessura de parede (C). (Fonte: O Próprio Autor).

A3 Posicionamento do end-effector

Para o posicionamento do end-effector nos locais de medida propomos utilizar uma técnica adaptada para o robô industrial chamada “Touch Sense”. O primeiro “ponto” deverá ser gravado de forma manual pelo “robotista”, ou seja, esse profissional irá movimentar o robô industrial através do “teach pendant” (unidade de programação do robô industrial) para a primeira posição real de medição da espessura marcada na superfície da tubulação. Através de cálculos matemáticos matriciais, o desafio consiste em posicionar e orientar de forma orbital (6D) o robô industrial para realizar a tarefa de medição de forma segura e confiável da espessura da tubulação externa. O modelo matemático a ser desenvolvido, será capaz de realizar o posicionamento e deslocamento (offset) do robô industrial por todo o grid (malha ou área demarcada) de pontos marcados e através da matriz de transformação homogênea em conjunto com o sinal digital de entrada do sensor ultrassônico, informar a distância do ponto de contato da superfície a ser medida em relação ao end-effector. O programa executado deverá realizar todos os cálculos e as medições de forma automática e sem intervenção humana em condições ambientes do Lab. de Robótica da UFABC.

A4 Medição de espessura

Estudamos e acompanhamos *in loco* o processo de medição realizado unicamente por humanos na Usina de Angra-1 e concluímos que o melhor conceito de medição após a preparação manual da superfície é o conceito de “apalpador”, ou seja, dimensionaremos uma constante elástica de mola para obter uma força adequada de contato do transdutor eletrônico do aparelho de medição de espessura com a superfície da tubulação, ao qual essa força seja suficiente para realizar a medição nas mesmas condições dos profissionais que realizam o trabalho de medição manual em “campo.” A proposta de melhoria investigada foi utilizar um suporte para reservatório de glicerina externo ao end-effector no

punho (flange) do robô industrial. Os riscos de colisão com objetos e obstáculos diminuem exponencialmente uma vez que a tubulação não é apenas linear e ocorreria problemas no caimento da glicerina por gravidade em secção tubular circular. Outra alternativa seria a “purga” (sopro) da glicerina que é fundamental para o êxito da medição da espessura. O transdutor de medição será imerso no reservatório de glicerina pelo próprio robô antes do contato com a tubulação. Isso irá simplificar a complexidade de toda a mecânica do “end-effector”, além de otimizar a carga (payload) a ser manipulada pelo robô e possibilitar a redução considerável do custo de fabricação do projeto.

A5 Transmissão de dados medidos

Após a realização da medida, o resultado deve ser transmitido para a UCPA através de interface de comunicação da Indústria 4.0. Essas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 seguem protocolos de segurança de dados e comunicação de interfaces baseados em API´s (Application Programming Interface) aos quais podemos customizar as aplicações de acordo com a necessidade da Eletronuclear. Os cabos de leitura do próprio equipamento serão especiais de longo alcance e acompanharão toda a infraestrutura de calhas do projeto da base do UROV em “solo” até a altura máxima para posicionamento do “end-effector” para realizar a medição. A *interface* de comunicação deverá analisar os dados e caso os valores das medições dos pontos de espessura apresentam potenciais divergências (problemas) com o padrão, o sistema de comunicação deverá emitir “aviso” e realizar uma segunda medição utilizando varredura mais qualificada da superfície em análise.

B. CONCEPÇÃO DO END-EFFECTOR

A concepção do end-effector consiste na melhor solução através de investigação cientifica e de acordo com o nosso desafio tecnológico. A Fig. 2 mostra uma visão geral da problemática enquanto que a Fig. 3 mostra os detalhes do conceito do end-effector.

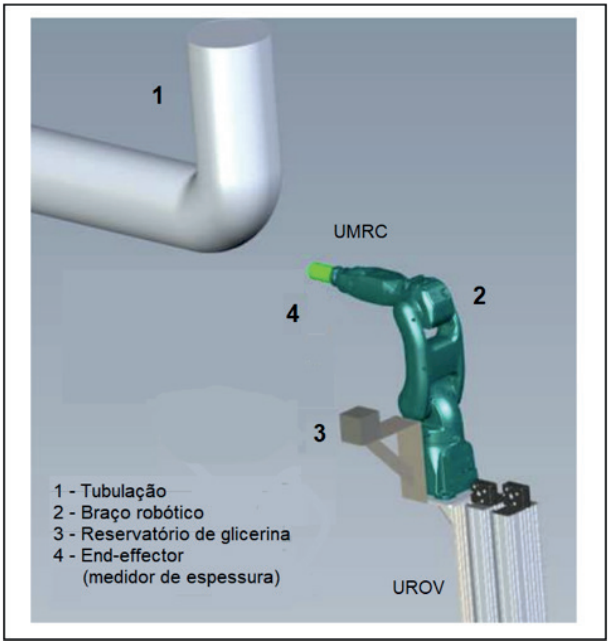


Fig. 2. Visão geral do processo de medição de espessura em tubulação externa com destaque para o end-effector fixado no punho (flange) do robô na cor verde. (Fonte: O Próprio Autor).

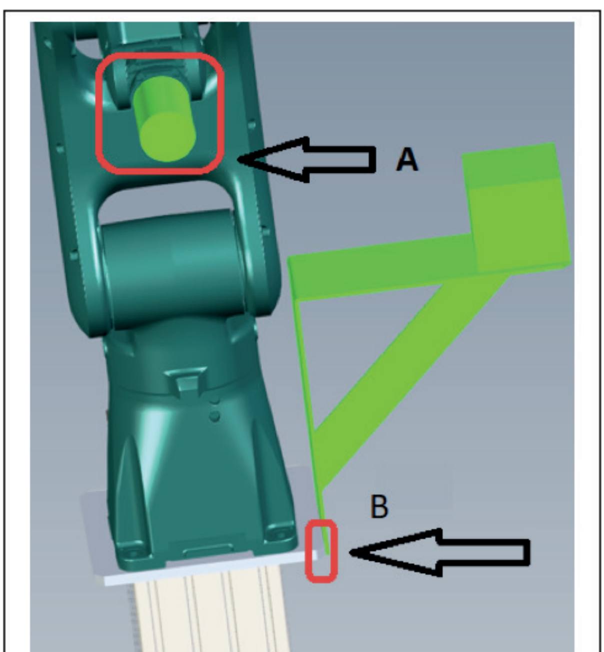


Fig. 3. End-effector fixado no punho (flange) do robô (parte-A) que tem capacidade de manipulação de carga (payload) de acordo com o modelo do robô. Suporte do reservatório de glicerina fixado (parte-B) na base do eixo-Z telescópico do UROV. (Fonte: O Próprio Autor).

B1 Justificativa da concepção

A justificativa mais relevante de concepção se dá pelo fato de maior simplicidade e eficiência, ou seja, o conceito de "apalpador" não é complexo e se torna viável e simples para a fabricação com um baixo custo de investimento. Ele é mais eficiente do que um "end-effector" automatizado por exemplo, porque não apresenta mecanismos e atuadores acionados por válvulas eletropneumáticas que tornariam o processo de medição mais lento devido ao tempo de avanço e recuo gastos pelos dispositivos para realizar a medição em cada um dos pontos da superfície. Haverá acoplado ao "end-effector" um sensor ultrassônico para medir a distância de aproximação do robô com a parede da tubulação externa com objetivo de evitar colisão e fornecer garantia de uma distância mínima de pré-posicionamento do robô com a tubulação. Utilizaremos uma técnica inovadora adaptada para ao robô industrial chamada de "Touch Sense".

A especificação eletrônica com tela LCD ("caixa") do transdutor de medição responsável pela conversão das ondas sonoras em medida de espessura também não ficará mais no end-effector por dois motivos. O primeiro é o risco de colisão com cantos vivos, objetos, obstáculos, além de controlar variáveis como: velocidade, inércia e a vibração do próprio punho do manipulador industrial durante as trajetórias de movimentos desenvolvidas no Gêmeo Digital. O segundo será pelo motivo de aferição, garantia, segurança e integração dos dados medidos. Essa "caixa" ficará posicionada "em solo" de forma fixa na estrutura da base do UROV ou em local de fácil acesso para o "robotista-operador" realizar a leitura de forma confortável dos dados medidos da espessura da tubulação.

B2 Lista de materiais e componentes para aquisição

I. Sensor ultrassônico de medição de espessura;
II. Sensor ultrassônico de medição de distância;
III. Reservatório de Glicerina;
IV. Mola para o apalpador;
V. Suportes Mecânicos: sensores, reservatório e mola;
VI. Robô Industrial;
VII. Bancada para Testes;
VIII. Trechos da Tubulação;
IX. Notebook com software Process Simulate;
X. Cabos e conexões.

C. GÊMEO DIGITAL E COMISSIONAMENTO VIRTUAL

Em muitos casos, as simulações de células robóticas são mais complexas e requerem mais tempo de análise. Esse resultado pode ser estendido para diferentes fabricantes de robôs, fornecedores de automação e processos robotizados, visto que exige uma solução abrangente baseada em um gêmeo digital mais sofisticado. Também é possível utilizar fabricantes diferentes de softwares de simulação onde o foco é a simulação de processos, combinada com simulação da fábrica para alcançar produção flexível para produtos cada vez mais personalizados. Os benefícios da simulação da célula robótica trouxeram ganhos técnicos para os robotistas e financeiros para as empresas que reduziram *tryouts* e o número de engenheiros e técnicos durante o *running* da célula robótica real.

C1 Software Tecnomatix Process Simulate©

O software Tecnomatix Process Simulate na versão 15.1.2 da Siemens Digital Industrie Software usa internamente conceitos avançados para verificar as funcionalidades de seus componentes i4.0 e dos dados gerados durante a simulação da célula robótica [20]. Desta forma, é promissor continuar a investigação científica usando esta mesma abordagem proposta. A Fig. 4, apresenta o fluxograma de conversão de arquivos e definição de componentes.

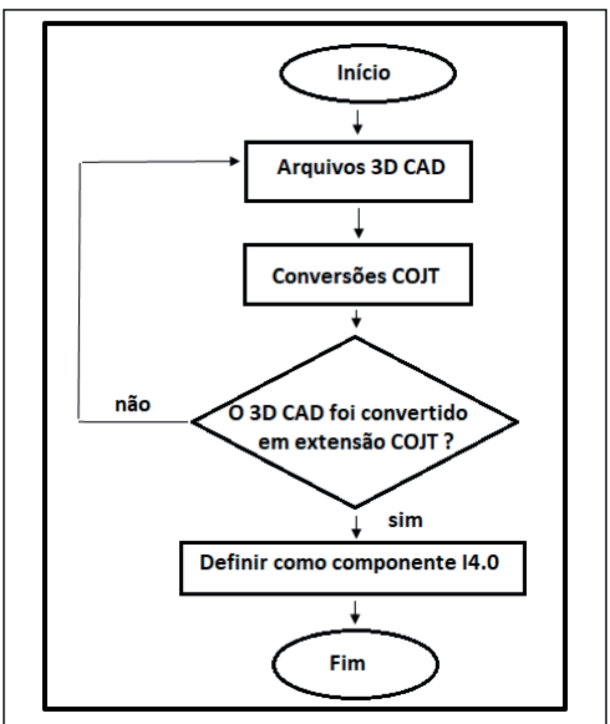


Fig. 4. Fluxograma de conversão de arquivos. (Fonte: O Próprio Autor).

C2 Software Tecnomatix Process Simulate©

Assim como os robotistas e roboticistas que preparam seus respectivos códigos de programação offline antes do primeiro contato físico com o robô industrial e com a célula de manufatura, os analistas de automação carecem das mesmas condições de trabalho. Eles precisam converter os arquivos de modelos 3D dos principais software CAD para a extensão ao qual os objetos serão usados no software de criação do gêmeo digital. Dentre os vários objetos (sensores, atuadores, dispositivos, transportadores, mesas rotativas, garras, recursos e outros), um dos mais complexos é o robô industrial. Nas suas especificações ele possui arquivos internos (parâmetros de movimentos, cinemáticas do próprio fabricante dos equipamentos, dados de máquina, informações das juntas, modelos matemáticos linearizados, sistemas de controle descentralizados entre outros que podem ser criados pelo especialista) que caracterizam um robô. A Fig. 5, apresenta os principais arquivos que representam um robô no Process Simulate.

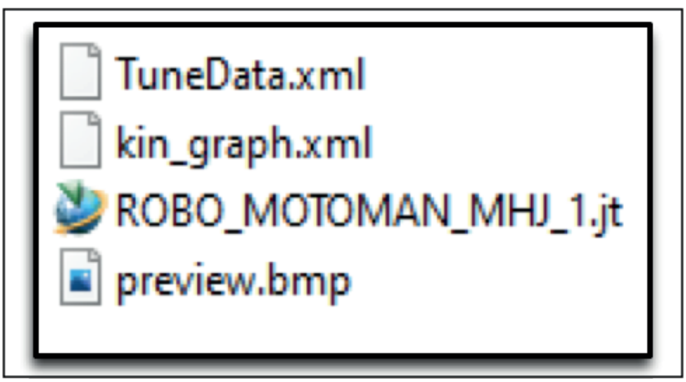


Fig. 5. Arquivos que caracterizam um robô industrial no *Process Simulate.* (Fonte: O Próprio Autor).

O arquivo "TuneData.xml" descreve os recursos do fabricante do equipamento como por exemplo o modelo do robô e as suas características. O "KinGraph.xml" descreve todas as características cinemáticas.

O "RoboMotomanMHJ.jt" é a representação CAD 3D do robô. O "Preview.bmp" é o ícone de imagem reduzida. Essa conversão é realizada diretamente pelo software de simulação utilizado ou fornecido pelo fabricante do robô. O conjunto de arquivos possibilitam com que o robô industrial se torne um componente ativo i4.0.

C3 Organização de Arquivos

Em sua maior parte do tempo, os analistas de engenharia de robótica (robotistas) preferem trabalhar offline e localmente (standalone) com suas respetivas estações de trabalho. Sendo assim, os arquivos convertidos na extensão do software utilizado (neste caso o COJT, que é uma extensão de arquivo padronizada da Siemens para representar

conjuntos de objetos 3D com todas as suas caraterísticas) precisam de separação e organização em diretórios locais. Geralmente eles são classificados em subpastas com nomes próprios: partes, recursos, robôs, dispositivos, garras e outros. Uma vez finalizada essa organização, os arquivos não poderão mais sofrer alteração de diretório, pois isso provoca graves erros durante as análises de comissionamento virtual, visto que a raiz local do sistema é exatamente a posição das subpastas. Caso isso ocorra, nenhum arquivo pode ser carregado para abrir o projeto conforme mostra a Fig. 6.

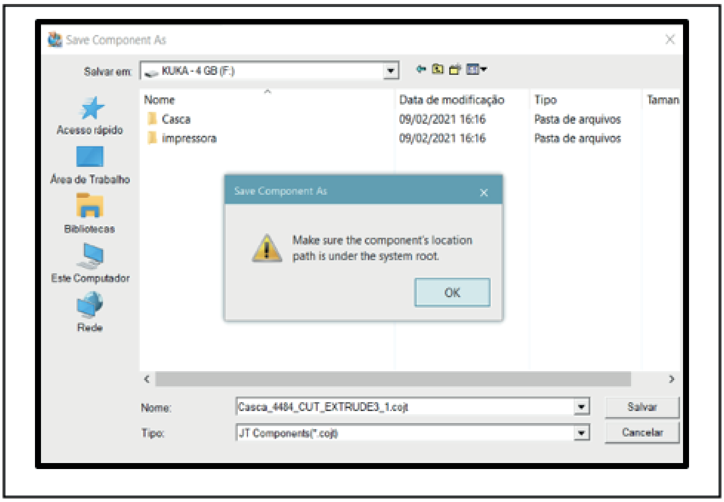


Fig. 6. Erro de Sysroot no Process Simulate. (Fonte: O Próprio Autor).

A importação de arquivos para iniciar o projeto e os estudos no Process Simulate ocorrem quando os arquivos já estão convertidos e organizados em pastas com extensão de objeto convertido (COJT) na qual contém informações de geometria e dados do componente ou quando são fornecidos direto pelos fabricantes dos equipamentos na mesma extensão com suas respectivas características.

C3 Definição de Arquivos para a Simulação

Esse processo de análise é fundamental para o desenvolvimento do gêmeo digital, pois durante as várias etapas de estudo do projeto se concentram esforços para garantir que o gêmeo digital seja semelhante ao modelo real em análise. Após os arquivos organizados em subpastas nos diretórios locais, convertidos pelo software ou fornecido direto pelo cliente em 3D, os mesmos precisam ser definidos e classificados como “partes,” “recursos,” “dispositivos,” “robôs” entre outros. A Fig. 7, demonstra a escolha do tipo Robot para o robô usado nesse projeto. Caso contrário o *software* apresenta o erro de “indefinição de componentes” conforme mostra a Fig. 8.

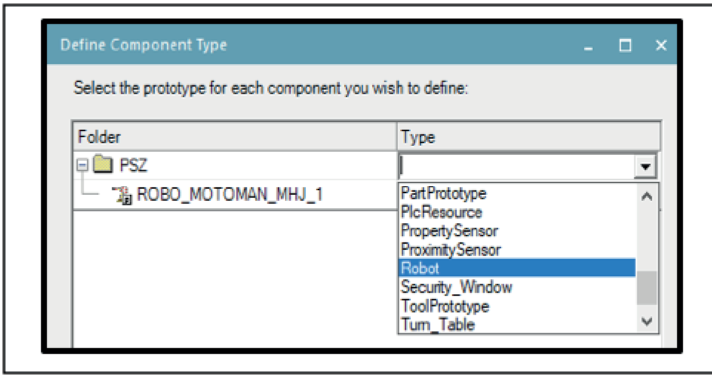


Fig. 7. Definição de componentes do gêmeo digital no *Process Simulate.* (Fonte: O Próprio Autor).

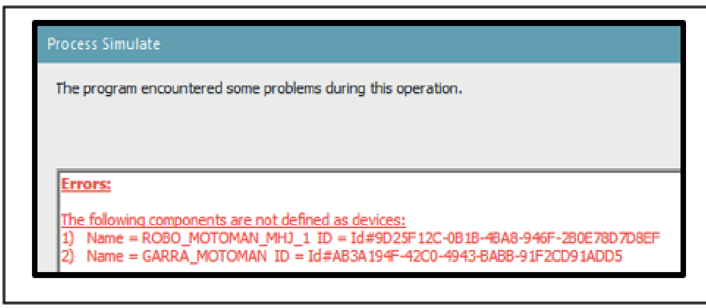


Fig. 8. Erro de escolha do tipo *Robot* para o robô Motoman no *Process Simulate.* (Fonte: O Próprio Autor).

A padronização do gêmeo digital possibilita que engenheiros verifiquem a comunicação entre dispositivos robóticos, componentes I4.0 e controladores de robôs industriais em todo o chão de fábrica para garantirem que as trocas de sinais sejam eficientes e adequadas antes de instalar qualquer equipamento físico ou iniciar processos de *running.* Isso é vital para automatizar os processos de produção posteriormente na integração de robôs. Foi utilizado o modelo ABB IRB 1600-6/1.45, para a administração, padronização, organização dos arquivos, conversão dos componentes, definição das operações, criação das cinemáticas, elaboração dos sinais de entrada e saída, desenvolvimento dos blocos lógicos e a programação das trajetórias do manipulador robótico [21].

C4 Método de comissionamento virtual

Após a modelagem do "digital twin" da UMRC com todas as suas características físicas e matemáticas, incluindo informações do ambiente e suas restrições e interferências, é iniciado o comissionamento virtual com o objetivo de testar e validar o conceito do protótipo e a solução para construção da célula robótica. O projeto virtual da UMRC é verificado via simulações virtuais da realidade física, isto é, o processo de medição de espessura das

seções dos tubos. O modelo virtual é verificado e alterado iterativamente até que o projeto possa ser considerado validado, sendo estas atividades denominadas comissionamento virtual do sistema robótico. A Fig. 9, demonstra o método criado de forma original.

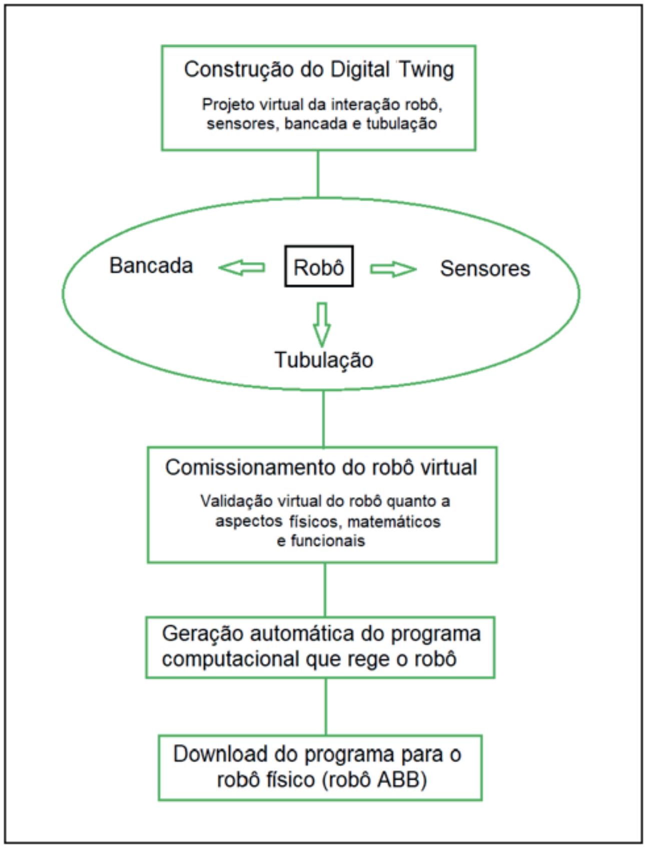


Fig. 9. Esquema do método de desenvolvimento de sistemas robóticos utilizando a técnica de digital twing. Desenvolvem-se todas as capacidades do robô via programação (software) e realiza-se o comissionamento virtual via simulação dos vários procedimentos que o robô deve fazer até sua validação. Finalmente, gera-se o programa computacional que rege o robô e exporta-se diretamente para o robô físico. (Fonte: O Próprio Autor).

Após a criação original do método da Fig. 9, foi desenvolvido um experimento onde realizou-se a modelagem do gêmeo digital para o manipulador robótico do modelo ABB IRB 1600-6/1.45 presente no laboratório de robótica da Universidade Federal do ABC (campi: Santo André – SP). O objetivo final foi demonstrar a tecnologia desenvolvida, realizando virtualmente a medição da expessura em parede de tubulação da usina de Angra-1 conforme demonstra a Fig.10.

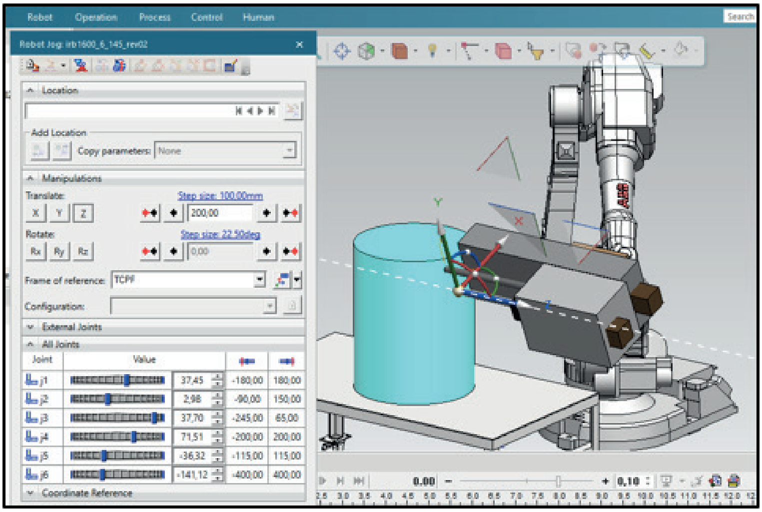


Fig. 10. Gêmeo digital do manipulador robótico do modelo ABB IRB 1600-6/1.45. Após o comissionamento virtual e modelagem cinemática do end-effector, realizou-se a medição da espessura externa com protótipo da tubulação da usina de Angra-1. Finalmente, foi realizada a validação digital e gera-se o programa computacional em ambiente virtual e exporta-se diretamente para o robô físico. (Fonte: O Próprio Autor).

O resultado do gêmeo digital e do comissionamento virual foi a medição realizada a conforme Fig. 10, onde foi gerado automaticaticamente pelo software Process Simulate© da SIEMENS um programa computacional chamado "irb120_3_0_58_PNP_Angra1" na languagem RAPID, específica do fabricante de robôs industriais ABB conforme apresentado abaixo:

```
VERSION:1
LANGUAGE: ENGLISH
MODULE irb120_3_0_58_PNP_Angra1

!# Process Simulate Disconnected 15.1.2 to ABB Rapid download
!# -------------------------------------
!# CREATED : 22/04/2023 16:31:22 by VITALLI
!# CELL : UFABC_ABB
!# ROBOT : irb120_3_0_58
!# ---------------------------------------------
!# ------ ROBTARGET
!# ---------------------------------------------
LOCAL CONST robtarget Ent:=[[623.32,231.38,364.23],[0.659024,-
0.256295,0.659024,0.256295],[0,-1,-4,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
LOCAL CONST robtarget pick1:=[[415.39,131.33,19.98],[0.659024,-
0.256295,0.659024,0.256295],[-1,-1,-1,-1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
```

```
LOCAL CONST robtarget Out:=[[415.39,131.33,104.73],[0.659024,-0.256295,0.659024,0.256295],[0,-1,-4,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
LOCAL CONST robtarget place1:=[[311.32,302.111,46.01],[0.659024,-0.256295,0.659024,0.256295],[-1,-1,-1,-1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
LOCAL CONST robtarget In_Place:=[[325.32,337.69,137.73],[0.659024,-0.256295,0.659024,0.256295],[0,0,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
LOCAL CONST robtarget Out_Place:=[[378.46,324.44,192.45],[0.659024,-0.256295,0.659024,0.256295],[0,0,-1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
ENDMODULE
```

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conceitos e descrições especificados por meio de projetos de gêmeos digitais e comissionamento virtual são válidos para dar maior autonomia dos elementos desenvolvidos nas referências para a Indústria 4.0

Este trabalho compara conceitos e paradigmas de “objetos virtuais” emergentes, que estabelecem uma linha de ação para agregar valor em relação aos aspectos arquitetônicos para a relação dos componentes i4.0. Portanto, são feitas discussões técnicas sobre os requisitos para lidar desde a concepção até os requisitos funcionais de desenvolvimento do end-effector que realizará a medição da espessura em superfície externa da tubulação da usina de Angra-1.

As diretrizes dos subsistemas estão em um estágio de padronização de modelos através de subprojetos nos quais um conceito baseado em simulação foi recentemente designado para descrever as unidades dos subsistemas em diferentes níveis. As considerações mencionaram os resultados em modelos que demonstram como essas habilidades (capacidades) estão relacionadas através de conceitos atribuídos ao contexto de i4.0.

Os modelos de subsistemas apresentados neste artigo mostram melhores aspectos de autonomia e auto-organização, fornecendo soluções mais flexíveis e um controle de distribuição capaz de exigir mais cooperação. Comparado às abordagens utilizadas em trabalhos anteriores, nos quais demonstram as funcionalidades descritas nos agentes, desenvolvemos um método para sistemas robóticos utilizando a técnica de “digital twing.” Desenvolvem-se todas as capacidades do robô via programação offline (software) e realiza-se o comissionamento virtual via simulação dos vários procedimentos que o robô deve fazer até sua validação. Finalmente, gera-se o programa computacional que rege o robô virtual e exporta-se diretamente para o robô físico.

Este artigo apresenta um estágio de trabalho que considerou aspectos importantes do projeto da usina de Angra 1. Foi possível modelar as atividades de comissionamento virtual, transferir todas as informações e dados automaticamente para o projeto físico do

SRME e validar a tecnologia de gêmeos digitais em protótipo desenvolvido no laboratório de robótica da UFABC. Há um expressivo ganho de produtividade neste processo, pois toda a programação do robô físico, parte importante do projeto para realizar o processo de medida de espessura nas tubulações, é transferida diretamente do projeto virtual (gêmeo digital) para o robô real.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro e técnico da Eletrobras Termonuclear SA – Eletronuclear, Amazônia Azul Tecnologias de Defesa SA e Fundação Parque de Alta Tecnologia da Região de Iperó – Fundação Pátria.

REFERÊNCIAS

J. Barbosa, P. Leitão, E. Adam and D. Trentesaux, "Dynamic self-organization in holonic multi-agent manufacturing systems: The ADACOR evolution," Computers in industry, v. 66, p. 99-111, 2015.

J. Barata, L. Camarinha-Matos and M. Onori, "A multi-agent-based control approach for evolvable assembly systems," INDIN'05. 2005 3rd IEEE Internationa Conference on Industrial Informatics, pp. 478-483, August 2005.

M. Onori, N. Lohse, J. Barata, and C. Hanisch, "The IDEAS project: plug & produce at shop-floor level," Assembly automation, 2012.

R. M. Da Silva, F. Junqueira, D. J. Santos Filho and P. E. Miyagi, "Control architecture and design method of reconfigurable manufacturing systems," Control Engineering Practice, v. 49, p. 87-100, 2016.

A. Bayha, J. Bock, B. Boss, C. Diedrich, and S. Malakuti, "Describing Capabilities of Industrie 4.0 Components," German Electrical and Electronics Manufacturers Association, Frankfurt am Main, Germany, http://www.plattform-i40.de/, 2020.

E. Trunzer, A. Calà, P. Leitão, M. Gepp, J. Kinghorst, A. Lüder et. al., "System architectures for industrie 4.0 applications," Production Engineering, v. 13, n. 3, p. 247-257, 2019.

Boschert, S.; Rosen, R. Digital Twin—The Simulation Aspect. In: Hehenberger, P.; Bradley, D. (Editors), Mechatronic Futures - Challenges and Solutions for Mechatronic Systems and their Designers. pag. 59-74, Spring, 2016.

Zhang, Q.; Li, Y.; Lim, E.; Sun, J. Real Time Object Detection in Digital Twin with Point-Cloud Perception for a Robotic Manufacturing Station. Proceedings of the 27th International Conference on Automation & Computing, University of the West of England, Bristol, UK, 1-3 September 2022.

Zhou, H.; Zhang, S.; Zhang, J.; Zhang, C.; Wang, S.; Zhai, Y.; Li, W. Design, development, and field evaluation of a rubber tapping robot. Journal of Field Robotics, 39, 28–54, 2021.

Gartner Top 10 Strategic Technology Trends For 2018. Disponível em: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2018>. Acesso em: 20 fev . 2023.

What Is Digital Twin Technology - And Why Is It So Important? Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/03/06/what-is-digital-twin-technology-and-why-is-it-so-important/?sh=1365c81c2e2a>. Acesso em: 20 fev. 2023.

Tugal, H.; Cetin, K.; Petillot, Y.; Dunnigan, M.; Erden, M. S. Contact-based object inspection with mobile manipulators at near-optimal base locations. Robotics and Autonomous Systems, 161, 104345, 2023.

Bratchikov,S.; Abdullin, A.; Demidova, G. L.; Lukichev, D. V. Development of Digital Twin for Robotic Arm. 2021 IEEE 19th International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC) DOI: 10.1109/PEMC48073.2021.9432535, 2021.

Nekoo, S. R.; Acosta, J. A.; Heredia, G.; Ollero, A. A benchmark mechatronics platform to assess the inspection around pipes with variable pitch quadrotor for industrial sites. Mechatronics 79, 102641, 2021.

Qiu, B. et al. A Feasible Method for Evaluating Energy Consumption of Industrial Robots. Proceedings of the 16th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, ICIEA 2021. Anais...Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 1 ago. 2021a.

Lee, D. et al. Digital twin-driven deep reinforcement learning for adaptive task allocation in robotic construction. Advanced Engineering Informatics, v. 53, 1 ago. 2022.

Partiksha; K., A. Robotic Tele-operation Performance Analysis via Digital Twin Simulations. 2022 14th International Conference on COMmunication Systems and Networks, COMSNETS 2022. Anais... Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022.

Fan, S. et al. A new approach to enhance the stiffness of heavy-load parallel robots by means of the component selection. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v. 61, 1 fev. 2020.

Huynh, H. N. et al. Modelling the dynamics of industrial robots for milling operations. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v. 61, 1 fev. 2020.

SIEMENS PLM, Process Simulate. Germany. Siemens Product Lifecycle Management Software. 2018. Document ID: MT45215. Version: 15.1.2.

ABB, Product manual IRB 1600/1660. Suécia. ABB Robotics. 06/01/2022. Document ID: 3HAC026660-001. Revision: AH.

CAPÍTULO 2

APLICAÇÃO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS EM MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE: UM ENFOQUE NOS MAPAS COGNITIVOS FUZZY DINÂMICOS SIMPLIFICADOS

Data de submissão: 09/06/2023 *Data de aceite: 01/08/2023*

Márcio Mendonça
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)
Cornélio Procópio – PR
http://lattes.cnpq.br/5415046018018708

Marcos Antônio de Matos Laia
Departamento De Ciência Da Computação – UFSJ
São João Del Rey - MG
Mina Gerais - MG
http://lattes.cnpq.br/7114274011978868

Marcio Aurélio Furtado Montezuma
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Engenharia Mecânica (DAMEC)
http://lattes.cnpq.br/2487283169795744

Fabio Rodrigo Milanez
Faculdade da Industria Senai
Londrina – PR
http://lattes.cnpq.br/3808981195212391

Rodrigo Rodrigues Sumar
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
http://lattes.cnpq.br/1461760661483683

Janaína Fracaro de Souza Gonçalves
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)
Cornélio Procópio – PR
http://lattes.cnpq.br/1857241899832038

Ricardo Breganon
Instituto Federal do Paraná, Campus Jacarezinho
Jacarezinho- PR
http://lattes.cnpq.br/2441043775335349

Vicente de Lima Gongora
Faculdade da Industria Senai
Londrina – PR
http://lattes.cnpq.br/6784595388183195

Francisco de Assis Scannavino Junior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
http://lattes.cnpq.br/4513330681918118

Michelle Eliza Casagrande Rocha
Universidade Norte do Paraná – Unopar – Kroton
Londrina -PR
http://lattes.cnpq.br/4411484670091641

Marcio Jacometti
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (Dachs)
Cornélio Proc[ópio- PR
http://lattes.cnpq.br/8509336134084374

João Maurício Hypólito
Centro Paula Souza Faculdade de Tecnologia (FATEC) –
Departamento Computação-FATEC Ourinhos
Ourinhos – SP
http://lattes.cnpq.br/5499911577564060

Renato Augusto Pereira Lima
Inspetor Chefe CREA Cornélio Procópio/Regional Londrina
Cornélio Procópio - PR
http://lattes.cnpq.br/3518337122740114

Fabio Nogueira de Queiroz
Centro Paula Souza
Faculdade de Tecnologia (FATEC) - Tatuí -SP
http://lattes.cnpq.br/4466493001956276

Kazuyochi Ota Junior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Mestrando Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)
Cornélio Procópio – PR
http://lattes.cnpq.br/3845751794448092

Henrique Cavalieri Agonilha
Universidade Filadélfia (Unifil) Londrina
Londrina -PR
http://lattes.cnpq.br/9845468923141329

Augusto Alberto Foggiato
Deparmamento de Odontologia – UENp
Jacarezinho - PR
http://lattes.cnpq.br/0580089660443472

RESUMO: A produção de etanol e açúcar em usinas canavieiras é diretamente dependente do Corte, Carregamento e Transporte (CCT) de cana-de-açúcar, um processo crucial realizado por máquinas agrícolas robustas. Com o advento das colhedoras de cana, a produção e a colheita aumentaram significativamente, eliminando a necessidade de corte manual e queima de cana. No entanto, este aumento também elevou a demanda e a capacidade de processamento das indústrias, resultando em uma necessidade crescente de manutenção eficaz das máquinas. Neste cenário, a Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) emerge como uma estratégia essencial, especialmente quando empregada em conjunto com Mapas Cognitivos Fuzzy para o gerenciamento de colhedoras de cana. A RCM permite a

identificação e a correção eficaz de falhas, melhorando assim a confiabilidade dos sistemas. A implementação de um Mapa Cognitivo Fuzzy (FCM) propõe um diagnóstico quantitativo aprimorado, servindo como uma ferramenta computacional de apoio à gestão da manutenção. Isso não só melhora o funcionamento do sistema, mas também é extremamente relevante no contexto da crescente Indústria 4.0. Este resumo termina com a sugestão de que trabalhos futuros devem se concentrar no aprimoramento contínuo dessas práticas de manutenção.
PALAVRAS-CHAVE: Manutenção Centrada na Realidade, Colhedora, Cana-de-açúcar, Mapas Cognitivos Fuzzy, Análise Quantitativa.

APPLICATION OF COMPUTATIONAL SYSTEMS IN RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE: A FOCUS ON SIMPLIFIED DYNAMIC FUZZY COGNITIVE MAPS

ABSTRACT: The production of ethanol and sugar in sugarcane mills is directly dependent on the Cutting, Loading, and Transport (CCT) of sugarcane, a crucial process carried out by robust agricultural machinery. With the advent of sugarcane harvesters, production and harvesting have significantly increased, eliminating the need for manual cutting and burning of cane. However, this increase also elevated the demand and processing capacity of industries, resulting in an escalating need for effective machine maintenance.

In this scenario, Reliability-Centered Maintenance (RCM) emerges as an essential strategy, especially when employed in conjunction with Fuzzy Cognitive Maps for the management of sugarcane harvesters. RCM allows for the effective identification and correction of faults, thus enhancing system reliability.

The implementation of a Fuzzy Cognitive Map (FCM) proposes an enhanced quantitative diagnosis, serving as a computational tool to support maintenance management. This not only improves the system's operation but is also highly relevant in the context of the rising Industry 4.0.

This summary concludes with the suggestion that future work should focus on the continuous improvement of these maintenance practices.
KEYWORDS: Reality-Cantered Maintenance, Harvester, Sugarcane, Fuzzy Cognitive Maps, Quantitative Analysis.

1 | INTRODUÇÃO

O texto aborda a implementação e benefícios do uso da lógica Fuzzy e da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) no setor agrícola/industrial, especialmente em relação à colheita mecanizada de cana-de-açúcar. A lógica Fuzzy, conceituada pelo professor Lotfi Zadeh na década de 60, permite transformar a subjetividade e ambiguidade de variáveis em valores numéricos para a compreensão dos computadores, uma ferramenta útil para modelar sistemas complexos.

A MCC é uma estratégia de manutenção que enfoca a confiabilidade e a eficiência operacional das máquinas. Se as máquinas forem confiáveis, haverá um aumento na produtividade, além de economia de recursos e diminuição da emissão de poluentes.

A colheita mecanizada de cana-de-açúcar trouxe várias melhorias, como aumento na capacidade de colheita, redução na mão de obra e eliminação da necessidade de queima da cana para a colheita, trazendo benefícios ambientais e de saúde pública.

A manutenção de equipamentos tem assumido uma função estratégica nas empresas, com ferramentas informatizadas sendo vitais para economia de recursos financeiros, ambientais e humanos.

O trabalho propõe uma abordagem heurística, baseada na experiência, regras e conceitos racionais, para lidar com problemas complexos que se baseiam na incerteza das informações.

Por fim, o texto menciona um exemplo de construção de um sistema de controle a partir de um controlador Proporcional, Integral, Derivativo (PID) adaptativo com *Fuzzy Cognitive Maps* (FCM-PID), comparando-o com outros tipos de controladores.

Trabalhos Os *Fuzzy Cognitive Maps* (FCMs) são ferramentas versáteis e úteis para modelar sistemas complexos, tendo aplicação em diversas disciplinas. Na medicina, foram usados para modelar a progressão de doenças e auxiliar na tomada de decisões clínicas, como no estudo da doença de Alzheimer. Na engenharia de controle e automação, os FCMs foram utilizados para aprimorar a performance e robustez dos sistemas, como evidenciado em sistemas de controle fuzzy. Eles também foram aplicados na gestão ambiental, auxiliando na avaliação dos impactos de políticas de gestão de recursos.

Vários estudos utilizaram técnicas Fuzzy, DCN (*Dynamic Cognitive Networks*) e FCM para uso em controladores PID adaptativos em diferentes processos. Ferreira (2009) comparou técnicas de controle Fuzzy, PI e controle adaptativo em um processo de fabricação de papel reciclado. Wang et al. (2012) demonstraram melhorias no controle de energia em elevadores com o sistema Fuzzy-PID. Fernandes (2005) propôs um modelo de supervisão usando lógica Fuzzy para um sistema de geração de energia híbrido.

Lima et al. (2015) propuseram um controlador Fuzzy robusto para um processo térmico, usando um algoritmo FCM para estimar parâmetros. Yesil et al. (2013) apresentaram dois artigos sobre controladores Fuzzy-PID auto sintonizadores e um FCM para a sintonia de controladores PI em sistemas não lineares.

Uma importante contribuição deste trabalho está relacionada com o impacto positivo ambiental elencados a seguir

Segundo Zhou et al. (2016) uma manutenção bem-feita pode ter impactos ambientais positivos significativos. Aqui estão alguns exemplos:

1. Eficiência energética: A manutenção adequada de equipamentos e sistemas pode ajudar a otimizar o consumo de energia. Isso inclui a verificação regular de componentes, limpeza, calibração e ajustes adequados. Com uma manutenção eficiente, os equipamentos podem operar com maior eficiência energética, reduzindo o consumo de eletricidade e, consequentemente, a pegada de carbono associada.

2. Redução de emissões: A manutenção regular de veículos, máquinas e equipamentos industriais pode ajudar a reduzir as emissões de gases poluentes. Por exemplo, a substituição de filtros de ar sujos ou a manutenção de motores de combustão interna pode melhorar a eficiência da combustão, reduzindo a emissão de poluentes atmosféricos.
3. Preservação dos recursos naturais: Uma manutenção adequada prolonga a vida útil dos equipamentos. Isso significa que menos recursos naturais serão consumidos na fabricação de novos equipamentos, reduzindo assim o impacto ambiental associado à extração de matérias-primas, produção e descarte de equipamentos obsoletos.
4. Prevenção de vazamentos e derramamentos: A manutenção regular inclui inspeção de sistemas de armazenamento e manuseio de substâncias perigosas. Identificar e reparar vazamentos ou rachaduras em tanques, tubulações ou equipamentos evita a contaminação do solo, água e ar, protegendo assim o meio ambiente e a saúde pública.
5. Gestão adequada de resíduos: A manutenção adequada envolve a correta gestão de resíduos gerados durante as atividades de manutenção. Isso inclui a segregação, armazenamento e disposição adequados de resíduos perigosos, como óleos usados, baterias e produtos químicos. Uma gestão adequada de resíduos minimiza o impacto negativo no meio ambiente.

Em resumo, uma manutenção bem executada pode contribuir para a eficiência energética, redução de emissões, preservação de recursos naturais, prevenção de vazamentos e uma gestão adequada de resíduos. Esses impactos ambientais positivos são essenciais para a sustentabilidade e a conservação do meio ambiente.

2 | FUNDAMENTOS E DEFINIÇÕES DA MANUTENÇÃO

A MCC é uma estratégia de manutenção que enfoca a confiabilidade e a eficiência operacional das máquinas. Se as máquinas forem confiáveis, haverá um aumento na produtividade, além de economia de recursos e diminuição da emissão de poluentes.

A colheita mecanizada de cana-de-açúcar trouxe várias melhorias, como aumento na capacidade de colheita, redução na mão de obra e eliminação da necessidade de queima da cana para a colheita, trazendo benefícios ambientais e de saúde pública.

A manutenção de equipamentos tem assumido uma função estratégica nas empresas, com ferramentas informatizadas sendo vitais para economia de recursos financeiros, ambientais e humanos.

O texto também discute a aplicação de *Fuzzy Cognitive Maps* (FCM) na quantificação da manutenção automotiva de colhedoras de cana. No entanto, para que o feedback seja efetivo, essa ferramenta precisará ser validada por ferramentas computacionais inteligentes e pode precisar de ajustes de acordo com a política de manutenção de cada empresa.

O controle inteligente, que utiliza técnicas de inteligência computacional para lidar com sistemas complexos. Ele se destaca pela capacidade de lidar com sistemas dinâmicos

incertos e altamente não lineares.

O trabalho propõe uma abordagem heurística, baseada na experiência, regras e conceitos racionais, para lidar com problemas complexos que se baseiam na incerteza das informações.

Por fim, o texto menciona um exemplo de construção de um sistema de controle a partir de um controlador Proporcional, Integral, Derivativo (PID) adaptativo com *Fuzzy Cognitive Maps* (FCM-PID), comparando-o com outros tipos de controladores.

3 I MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) ou do inglês, *Realibility Centered Maintanance* – RMC é a prática de um método estruturado que determina a melhor atuação de manutenção para um equipamento ou edificação. Estabelece uma metodologia de identificação de necessidades de manutenção em processos físicos ou industriais. Esta metodologia por ser conferida através da análise de dados gerados na manutenção pelo setor de Planejamento e Controle da Manutenção, sugeridas nessa pesquisa, serão apresentadas na tabela 1 de forma básica referente a manutenções corretivas. Maiores detalhes serão abordados no final dessa seção.

Item	Descrição das Ações de Manutenção Corretiva
01	Abrir Ordem de Serviço, identificada como manutenção corretiva
02	Introdução de dados, diagnóstico inicial e prazo
03	Identificação do sistema (mecânico / elétrico ou hidráulico)
04	Identificação do problema
05	Identificação e requisição de peças
06	Lançar tempo de serviço
07	Corrigir problemas e fechar OS

Tabela 1 – Abertura de Ordem de Serviço

O estudo de K. K. M. Rosita e M. V. Rada (2021) amplia o trabalho de Prasetyo e Rosita (2020) na implementação da Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) para aumentar a confiabilidade do equipamento na empresa ABC, uma indústria bem estabelecida no Oriente Médio. A estratégia atual de manutenção da empresa ABC não é eficaz, como evidenciado pelos baixos tempos médios entre falhas (MTBF) e altos tempos médios para reparo (MTTR) retirados de seu Sistema de Gestão Empresarial (SAP).

A MCC, de acordo com o trabalho de MENDONÇA; CHUN; ROCHA, 2017, deve ser organizada de forma a provar a necessidade de todas as ações de manutenção antes da execução. Os critérios para essa comprovação devem estar alinhados com a

disponibilidade, segurança, economia e condições ambientais favoráveis ao equipamento e ao local onde ele se encontra. A manutenção deve ser planejada para fornecer uma visão macro do sistema, bem como garantir a disponibilidade e segurança necessárias.

A colhedora de cana é um equipamento crucial na colheita, realizando a colheita de cerca de 700 ton/dia. Para fins de estudo, a colhedora foi dividida em três sistemas: hidráulico, mecânico (motor, estrutura e material rodante) e elétrico. O entendimento do comportamento mecânico da colhedora e as informações obtidas das intervenções de manutenção são essenciais para alimentar árvores de decisão e apoiar a tomada de decisão através de redes neurais.

As empresas agrícolas do setor canavieiro usam módulos de manutenção em seus sistemas ERP, registrando todas as informações de manutenção de sua frota e permitindo a geração de indicadores e outros dados necessários para identificar equipamentos com problemas recorrentes. Um Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) bem estruturado é essencial, e as informações registradas no sistema devem ser confiáveis e padronizadas para apoiar as análises realizadas.

Este trabalho propõe a utilização de dados do sistema ERP, em conjunto com um sistema de documentação e registros de informações atualizados e confiáveis. A abertura de Ordens de Serviço de manutenção auxilia no planejamento e fornece um histórico das informações coletadas, estabelecendo parâmetros para a qualidade da inspeção. Os defeitos encontrados devem ser registrados no sistema, assim como as ações que vão de encontro às recomendações do fabricante (ALGHATHBAR; WIJESEKERA, 2004).

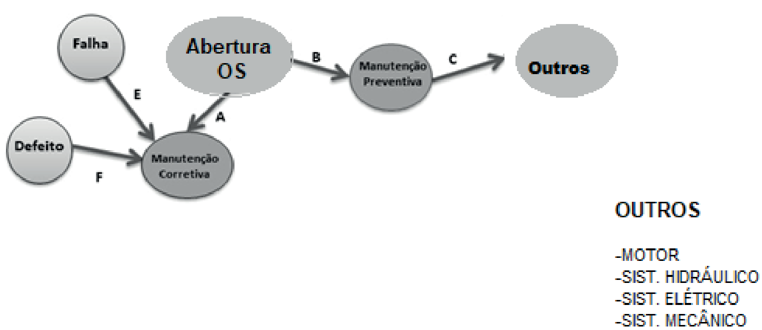


Figura 1. Máquina de Estados.

A prioridade das ações de manutenção deve ser determinada de acordo com a importância e a natureza da máquina (PAOLETTI; HERMAN, 2015). Por fim, este estudo propõe a modelagem do gerenciamento da manutenção através de uma Máquina de

Estados, que representará conceitos como falha/defeito potencial e falha/defeito funcional.

4 I MAPAS COGNITIVOS FUZZY APLICADOS NA QUANTIFICAÇÃO DA MANUTENÇÃO DE COLHEDORAS DE CANA

A necessidade de monitoramento da manutenção de máquinas agrícolas é crucial e o controle desses equipamentos automotrizes é complexo. Para abordar essa questão, sugere-se o uso do FCM (Fuzzy Cognitive Map) para obter um feedback quantitativo (MENDONÇA et al., 2017). O FCM foi desenvolvido com base em dados reais de serviços de manutenção automotiva em um sistema ERP, visando um diagnóstico quantitativo através da opinião qualitativa de especialistas (MENDONÇA et al., 2017).

Kosko, na década de 80, realizou um trabalho pioneiro ao estender os mapas cognitivos, incorporando aspectos da lógica fuzzy e redes neurais artificiais (LUO; WANG; ZHENG, 2020). O FCM tem sido aplicado em diversas áreas do conhecimento, incluindo vida artificial (ARRUDA et al., 2018).

O FCM é considerado transparente, simples e competitivo em relação a classificadores mais avançados (CONCEPCION et al., 2020). Em relação à área de manutenção, um estudo utilizou o FCM para avaliar os riscos da terceirização da manutenção, considerando as inter-relações entre os fatores de risco e suas consequências (JAMSHIDI et al., 2015).

O FCM combina aspectos de redes neurais artificiais, lógica fuzzy e redes semânticas, sendo uma metodologia baseada no conhecimento para modelar sistemas complexos de decisão. Neste estudo, a inferência do FCM é realizada através de uma função sigmoide unipolar, com um fator de memória que atualiza os valores dos conceitos ao longo das iterações (PAPAGEORGIOU, 2014). Existem dois tipos principais de FCM: manuais, criados manualmente por especialistas, e automatizados, produzidos a partir de dados históricos (YESIL et al., 2013).

$$\overset{j=1}{\underset{}{}}\;\overset{j\neq i}{}\;\overset{n}{}$$
$$A_i = f(\sum(A_j \times W_{ji})(1)$$

Onde:

k é o contador das iterações, n é o número de nós no grafo,

Wji é o peso do arco que conecta o conceito Cj ao conceito Ci, Ai (Ai anterior) é o valor do conceito Ci na iteração atual (anterior) e a função f (equação 2) é uma função do tipo sigmóide:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}} \quad (2)$$

A figura 2 mostra a sequência de desenvolvimento lógico do método proposto. Observa-se que após a inferência do FCM influencia na tomada de decisão realizada pela máquina de estados, devido ao nível de confiabilidade encontrado pelo FCM retornar a Abertura de OS, item 13 da tabela 1. Ainda de acordo com a figura 2, o processamento do item checklist determina as ações a serem executadas de acordo com as entradas de informações da manutenção.

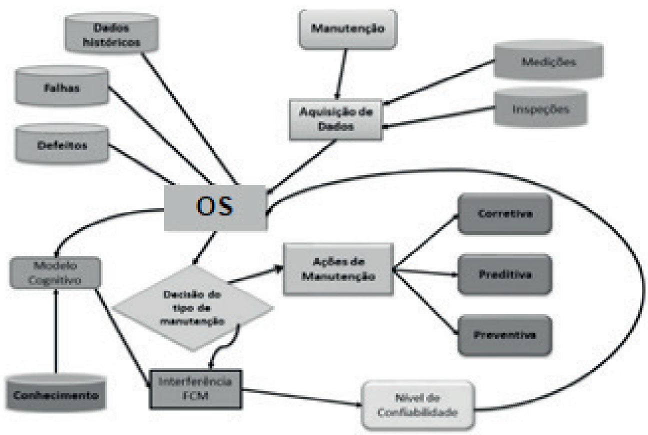


Figura 2. Fluxograma do funcionamento da SD-FCM aplicado a MCC.

O FCM inicial também considera as entradas de forma binária, alta e baixa, como por exemplo, a qualificação dos profissionais da manutenção será considerada alta ou baixa.

Esse item deverá considerar o nível de confiabilidade atual da máquina (por meio da inferência do FCM).

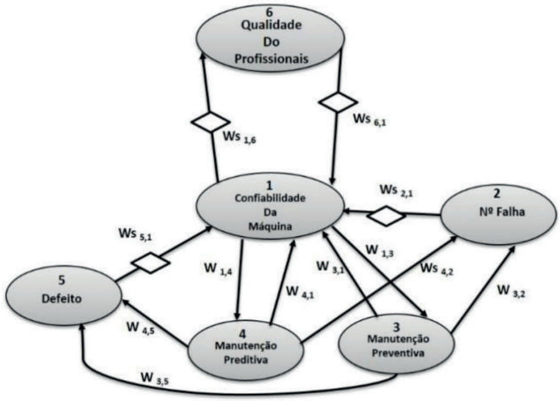


Figura 3. SD-FCM aplicado a MCC

Porém futuros trabalhos poderão endereçar uma discretização mais específica como, por exemplo, pequena, média e alta. De modo similar o desenvolvimento dos conceitos referentes à ocorrência de falhas e defeitos que, em cada política de gerenciamento deverá considerar alta e baixa.

Observa-se que a proposta desse trabalho é um *Dynamic-FCM* simplificado, do inglês *simplified Dynamic-FCM* (sD-FCM, sigla convencionada na sequência do trabalho). O sD-FCM muda sua estrutura de acordo com a mudança dos conceitos de entrada. No exemplo citado, a má qualificação da equipe de manutenção pode ter uma influência negativa alta na confiabilidade da manutenção, enquanto de forma inversa poderá ter uma influência positiva alta. Ressalta-se que todo o formalismo matemático para a inferência e estabilidade do FCM clássico são aplicados nessa proposta, isso se deve porque o sD-FCM funciona como FCM clássico quando ocorre alguma modificação na sua estrutura.

Alguns resultados iniciais podem ser conferidos na Figura 4.

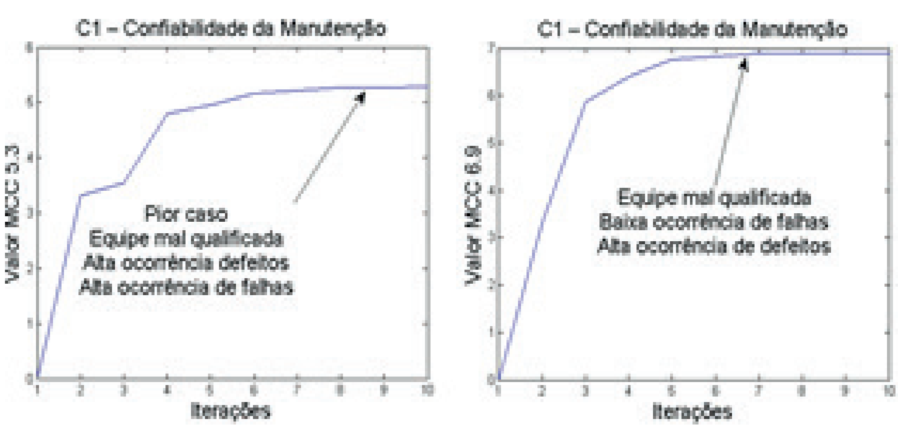


Figura 4. Resultados iniciais sD-FCM.

O modelo cognitivo clássico só contem relações causais (Wn,n) e seus devidos conceitos (1 até 6), como mostra a figura 3. Devido à necessidade de se binarizar as entradas dos conceitos 2, 3 e 6 o modelo proposto teve a inclusão de relações de seleção (Wsn,n). Essas relações de seleção alteram o valor de seus referentes pesos através de regras do tipo SE-ENTÃO, alterando assim a intensidade (ou a importância) de alguns conceitos inferidos na saída do sD-FCM. Esse ajuste dinâmico dos pesos possibilita uma melhor adaptação do modelo para abordar diferentes possibilidades de análises, como por exemplo, com a equipe mal qualificada, alta ocorrência de defeitos e baixa ocorrência de falhas. Não é escopo desse trabalho apresentar o desenvolvimento do D-FCM, Figura 3. Entretanto, maiores detalhes da construção da versão completa do DFCM e da DCN (Dynamic Cognitive Networks), ferramentas que inspiraram o desenvolvimento proposto, pode ser conferido no trabalho (NÁPOLES et al., 2016).

CONCLUSÃO

O Mapa Cognitivo Fuzzy Dinâmico Simplificado (sD-FCM) foi bem-sucedido como ferramenta de feedback na gestão de manutenção, particularmente na análise de eficiência de manutenções e problemas crônicos de equipamentos. O sucesso se deve à melhoria dos resultados, do pior ao melhor cenário previsto no modelo. A qualificação da equipe e a confiabilidade das informações inseridas no sistema ERP são fundamentais. Há várias interações entre ocorrências de defeitos, falhas e qualificação da equipe. A pesquisa contribuiu ao aplicar uma ferramenta computacional para diagnóstico quantitativo na manutenção de colhedoras de cana. Trabalhos futuros expandirão e aplicarão os conceitos em estudos de caso reais, aprimorando o sD-FCM de acordo com diferentes políticas de manutenção, desenvolvendo uma interface de decisão e incluindo outro D-FCM em cascata. Análises futuras explorarão cenários mais específicos dentro de cada sistema (hidráulico, elétrico e mecânico).

REFERÊNCIAS

ALGHATHBAR, K.; WIJESEKERA, D. Analyzing information flow control policies in requirements engineering. Proceedings - Fifth IEEE International Workshop on Policies for Distributed Systems and Networks, POLICY 2004, p. 193–196, 2004.

ARRUDA, L. V. R. et al. Artificial Life Environment Modeled by Dynamic Fuzzy Cognitive Maps. IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems, v. 10, n. 1, p. 88–101, 2018.

CONCEPCION, L. et al. Fuzzy-Rough Cognitive Networks: Theoretical Analysis and Simpler Models. IEEE Transactions on Cybernetics, p. 1–12, 2020.

DING, S. H.; KAMARUDDIN, S.; “Assessment of distance-based multi-attribute group decision-making methods from a maintenance strategy perspective”. Journal of Industrial Engineering International, v. 11, issue 1, pp. 73-85, 2015

FERNANDES, R. T. (2005). Supervisão de um sistema híbrido eólico/diesel usando lógica Fuzzy. 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

JAMSHIDI, A. et al. Dynamic risk modeling and assessing in maintenance outsourcing with FCM. Industrial Engineering and Systems Management (IESM), 2015 International Conference on. Anais...2015

JANIER, J. B.; ZAHARIA, M. F. Z. Condition Monitoring System for Induction Motor Using Fuzzy Logic Tool. 2011 First International Conference on Informatics and Computational Intelligence. Anais...IEEE, dez. 2011 Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6141641/>

JANIER, J. B.; ZAHARIA, M. F. Z. Condition Monitoring System for Induction Motor Using Fuzzy Logic Tool. 2011 First International Conference on Informatics and Computational Intelligence. Anais...IEEE, dez. 2011 Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6141641/>

LIMA, F. AND SERRA, G. (2015). Fuzzy PID controller multiobjective genetic design, 2015 IEEE 10th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Auckland, pp. 1506-1511.

LUO, C.; WANG, H.; ZHENG, Y. Controllability of k-Valued Fuzzy Cognitive Maps. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, v. 28, n. 8, p. 1694–1707, 2020.

MANHÃES, C.M.C. Avaliação do Desempenho de Colhedoras de Cana-de-Açúcar na Região Norte Fluminense. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2014.

MARÇAL, Rui F. M. Um método para detectar falhas incipientes em MáquinasRotativas baseado em Análise de Vibrações e Lógica Fuzzy. 2000. 124 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, de Minas e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

MENDES, A. A.; RIBEIRO, J. L. D. Establishment of a maintenance plan based on quantitative analysis in the context of the MCC in a JIT production scenario. Producao, v. 24, n. 3, p. 675–686, 2014.

MENDONÇA, M. et al. A cooperative architecture for swarm robotic based on dynamic fuzzy cognitive maps. Engineering Applications of Artificial Intelligence, v. 59, n. May 2016, p. 122–132, 2017.

MENDONÇA, M. et al. A Subsumption Architecture to Develop Dynamic Cognitive Network-Based Models with Autonomous Navigation Application. Journal of Control, Automation and Electrical Systems, v. 24, n. 1, p. 117–128, 2013.

MENDONÇA, M. et al. Fuzzy Cognitive Maps Applied to Student Satisfaction Level in a University. IEEE Latin America Transactions, v. 13, n. 12, p. 3922–3927, 2015.

MENDONÇA, M. et al. Fuzzy Cognitive Maps Applied to Student Satisfaction Level in a University. IEEE Latin America Transactions, v. 13, n. 12, p. 3922–3927, 2015.

MENDONÇA, M. et al. Semi-Unknown Environments Exploration Inspired by Swarm Robotics using Fuzzy Cognitive Maps. 2019 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). Anais... New Orleans, USA: IEEE, 2019

MENDONÇA, M.; CHUN, I. R.; ROCHA, M. E. C. Dynamic fuzzy cognitive maps applied in realibility centered maintanance of electric motors. IEEE Latin America Transactions, v. 15, n. 5, p. 827–834, 2017.

MOUBRAY, John. RCM II – Manutenção Centrada em Confiabilidade – Ediçãobrasileira. Traduzido por: Kleber Siqueira, Aladon Ltd. Inglaterra, 2000.

NÁPOLES, G. et al. On the convergence of sigmoid Fuzzy Cognitive Maps. Information Sciences, v. 349–350, 2016.

PAOLETTI, G. J.; HERMAN, G. Monitoring of electrical equipment failure indicators and zero-planned outages: Past, present, and future maintenance practices. 2015 61st IEEE Pulp and Paper Industry Conference (PPIC). Anais...IEEE, jun. 2015Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7165712/>

PAPAGEORGIOU, E. I. (ED.). Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014. v. 54

TSANG, A. H. C. Strategic dimensions of maintenance management. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 8, n. 1, p. 7–39, 2002.

WANG, R.; LUO, F.; HUANG, X. AND LI, P. (2012). New elevator energy feedback control system design based on fuzzy PID controller, Power Engineering and Automation Conference (PEAM), IEEE.

YANG, S. K. A condition-based failure-prediction and processing-scheme for preventive maintenance. IEEE Transactions on Reliability, v. 52, n. 3, p. 373–383, set. 2003.

YESIL, E. et al. Fuzzy cognitive maps learning using Artificial Bee Colony optimization. 2013 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). Anais...Hyderabad, India: IEEE, 2013

ZADEH, L. A.; “The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning”, Information Sciences, vol. 8, pp. 199-249 (I), pp. 301-357(II), 1975.

ZHOU, R.; HU, Y.; XIAO, S.; WEN, J. A decision-making approach to field service delivery under mixed maintenance policy. In: IEEE 11TH CONFERENCE ON INDUSTRIAL ELECTRONICS AND APPLICATIONS (ICIEA), 11., 2016, Hefei. IEEE, 2016. p. 1068-1072.

ESTUDIO DE LA MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE COLOR DE PLÁTANO UTILIZANDO UN SISTEMA DE VISIÓN POR COMPUTADORA

Data de submissão: 09/06/2023 *Data de aceite: 01/08/2023*

Russel Allidren Lozada Vilca
Universidad Nacional de Juliaca. Perú
https://orcid.org/0000-0002-8915-3964

Adriana Fiorela Auccallpa Paucar
Universidad Nacional de Juliaca. Perú
https://orcid.org/0009-0000-5508-8028

Greysi Lizbeth Rojas Reyes
Universidad Nacional de Juliaca. Perú
https://orcid.org/0009-0003-8657-117X

Laura Beatriz Marina Quispe Coaquira
Universidad Nacional de Juliaca. Perú
https://orcid.org/0009-0008-2912-373X

Jose Manuel Prieto
Universidad Nacional de Juliaca. Perú
https://orcid.org/0000-0001-6280-7844

Pedro Nicoyani Mamani Ordoñez
Universidad Peruana Unión. Perú
https://orcid.org/0000-0002-6975-8763

Madelaine Huánuco Calsín
Universidad Nacional del Altiplano.Perú
https://orcid.org/0000-0002-4050-8146

Valeriano Pari Torres
Universidad Continental- Perú
https://orcid.org/0009-0009-4069-2607

Ciro William Taipe Huamán
Universidad Nacional de Juliaca. Perú
https://orcid.org/0000-0002-6075-5582

Susana Gladis Vilca Achata
Escuela de Postgrado GĚRENS
https://orcid.org/0000-0002-9914-6012

Olivia Magaly Luque Vilca
Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca
https://orcid.org/0000-0002-9000-4624

RESUMEN: El objetivo de esta investigación fue diseñar, implementar y calibrar un Sistema de Visión por Computador (CVS), para uso en tiempo real, con la finalidad de evaluar la maduración del plátano. Para ello se diseñó e implementó un dispositivo (software y hardware) que constaba de dos pasos: a) adquisición de imágenes y b) procesamiento y análisis de imágenes. Para ambos, se desarrolló un algoritmo y una interfaz gráfica de usuario (GUI) en Framework: Visual Studio mediante el lenguaje: C#. La calibración CVS se realizó mediante escalas colorimétricas del plátano. Se obtuvieron tres muestras de plátano y se almacenaron a temperatura ambiente. Se estimaron los cambios de color cada 2 h, durante 24 h, obteniendo sus parámetros de color. L*disminuyó de 88,89 a 60,8, con tendencia al color negro; a*aumentó de -30,02 a 18,18, acercándose a un color

verde; b*aumentó de 53,05 a 87,07, presentando tendencia a un color amarillo. Por otro lado, $\Delta E*$ aumentó de 3,4 a 12,6. Los errores calculados fueron bajos de esta forma aseguran una adecuada y eficiente aplicación en la automatización de procesos industriales y control de calidad en la industria alimentaria.
PALABRAS-CLAVE: *Algoritmo, color, CIEL*A*B, plátano, lenguaje C, visión artificial.*

STUDY OF THE MEASUREMENT OF THE COLOR PARAMETERS OF BANANA USING A COMPUTER VISION SYSTEM

ABSTRACT: The objective of this Investigation was to design, implement and calibrate a Computer Vision System (CVS), for use in real time, in order to evaluate plantain ripening. To this end, a device (software and hardware) was designed and implemented that consisted of two steps: a) image acquisition and b) image processing and analysis. For both, an algorithm and a graphical user interface (GUI) were developed in Framework: Visual Studio using the language: C#. CVS calibration was performed using banana colorimetric scales. Three banana samples were obtained and stored at room temperature. The color changes were estimated every 2 h, during 24 h, obtaining their color parameters. L* decreased from 88.89 to 60.8, with a tendency to black; a* increased from -30.02 to 18.18, approaching a green color; b* increased from 53.05 to 87.07, presenting a tendency to a yellow color. On the other hand, $\Delta E*$ increased from 3.4 to 12.6. The calculated errors were low, thus ensuring an adequate and efficient application in the automation of industrial processes and quality control in the food industry.
KEYWORDS: *Algorithm, CIEL*A*B, color, banana, C language, artificial vision.*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los esquemas de control de calidad en los procesos de la industria alimentaria peruana, deben ser lo más óptimos posible, debido a la alta competitividad existente en el mercado global (Ramírez Ramírez, 2015). Teniendo en cuenta que para el sostenimiento de la industria alimentaria peruana es de vital importancia la exportación, que exige cumplir ciertos estándares cada vez más estrictos; el proceso de control de calidad representa el principal factor a tener en cuenta dentro de este marco; es obvio que, en el proceso de control de calidad en la clasificación de productos, son necesarios los órganos de los sentidos (humano), principalmente el sentido de la visión, es aquí donde entra a jugar un rol fundamental la visión artificial, que se encarga de reemplazar el uso común de la visión de una persona, por el de la máquina, brindando de esta manera bondades tales como, mayor capacidad de proceso, toma de decisiones y reducciones de tiempos de producción (Euroinnova Business School, 2022).

Enfocando un poco el tema a la región de Puno, la cual está incursionando en el mercado internacional como proveedor de plátanos, para tener una buena aceptación en tan exigente mercado, debe mostrar una muy buena calidad en su producto, por lo cual, esta investigación procurará con ayuda de la visión artificial contribuir con los productores

de esta fruta a mejorar el proceso de control de calidad en su respectiva clasificación y así cumplir con los estrictos estándares internacionales de exportación antes mencionados (Vela Panduro, Claudio Ramón Vidal Marca, Javier, 2007). En pro del desarrollo de una región productiva y de alta competitividad, debemos procurar hacer uso en lo posible de herramientas que nos permitan agilizar y optimizar procesos, con la intención de poder mantenernos en un mercado tan exigente como lo es el mercado internacional; en este caso se hace referencia a la utilización de la visión artificial o por computador, que en lo posible logre realizar esta actividad de manera tan rigurosa como lo hace el hombre al momento de evaluar los parámetros de calidad establecidos, que en este caso son, que el plátano debe cumplir un cierto calibre (peso o volumen en el empaque) y color, de acuerdo a este calibre los plátanos serán clasificados teniendo en cuenta masa (peso), tema que se aclara más adelante y de acuerdo a su color se clasificará como de exportación o no (Atencio Ortíz, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de investigación

Materia prima

Plátano

Materiales

Webcam

Caja de visión

Laptop

Diseño del prototipo para caja de color (SVC/CVS)

El CVS consiste en una caja de madera cuyas paredes interiores son pintadas de negro con el propósito de evitar la entrada de luz y reducir los reflejos provenientes del entorno (Pedreschi et al., 2006), Iluminado por cuatro focos de 20 W qué están en los 4 extremos y el sistema de captura (Cámara web cam xiaomi CMSXJ22A - 2 mpx) conectado a una laptop Ryzen 7, posición vertical para que se tenga una adecuada toma de imagen.

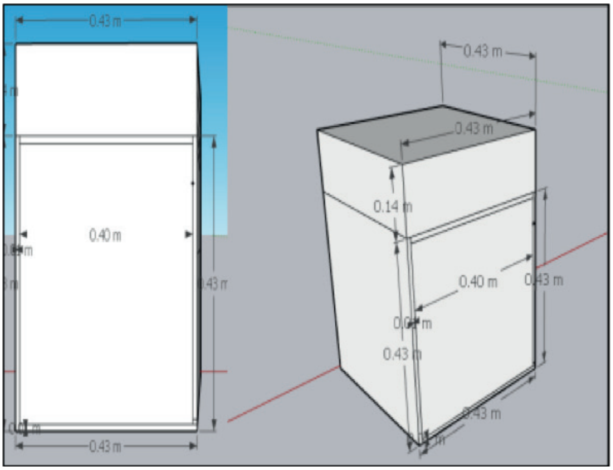


Figura 1. Diseño de caja en Sketchup



Figura 2. Caja ya instalada con focos y cámara web

Desarrollo del algoritmo y la interfaz gráfica de usuario (GUI) en Framework: Visual Studio Lenguaje: C#

La interfaz gráfica de usuario (GUI) creada en Framework: Visual Studio fue utilizada para extraer las características de color de la imagen en el proceso descrito a continuación. Las muestras de plátano fueron preparadas y colocadas en el CVS. Luego, las luces se encendieron y se esperó durante 5 minutos para permitir que la luz se distribuyera de manera uniforme dentro del sistema. Posteriormente, se inició la GUI, la cual permitió la adquisición de imágenes y la segmentación mediante umbralización. Finalmente, se obtuvieron los parámetros de color Lab* a partir de los parámetros RGB utilizando ecuaciones específicas.

$$L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16;\ \alpha^* = 500\left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - \left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right] \text{ y } b^* = 200\left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - \left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right]$$

La diferencia de color ΔE entre dos colores en el espacio CIELAB es:

$$\Delta E = \sqrt{(L_2^* - L_1^*) + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

Un valor de ΔE representa una diferencia apenas perceptible. Estas coordenadas se pueden expresar en coordenadas cilíndricas con el croma definido:

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Y el tono se define como:

$$h_{ab} = tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

a) Primera fase. Implica la conversión de RGB a XYZ, usando un arreglo dimensional de números estándar recomendado por la CIE y más adecuado a la iluminación que se

utilizó (Blasco et al., 2007).

b) Segunda fase: De XYZ al espacio de color CIE Lab, utilizando el arreglo dimensional, se obtuvo los valores X,Y y Z.

Para cuantificar los cambios de color totales, se calculó la diferencia de color total (ΔE) del plátano (almacenadas a temperatura ambiente) por un tiempo de 2- 24 h.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2}$$

Calibración del CVS con escalas colorimétricas del plátano (Modelo CIE L * a * b *)

Para calibrar el CVS se realizó mediante una búsqueda bibliográfica de escalas colorimétricas de la maduración del plátano. Obteniéndose los valores de L*a*b* con escalas de maduración en serie con el mismo CVS.

Evaluación de los parámetros de medición del color en el plátano

Los parámetros de color (L*, a*, b*, C*, H* y ΔE^*), se llevaron a cabo en tres muestras de plátano almacenadas a temperatura ambiente. Cada 2 h durante un periodo de 24h, se adquirieron y procesaron estas muestras, evaluando las imágenes resultantes (740 x 460 píxeles) en coordenadas rectangulares (L*, a*, b*). El parámetro L* se refiere a la luminosidad y representa la cantidad de luz emitida por una superficie, variando desde 0 (negro absoluto) y 100 (blanco absoluto). Por su parte, los parámetros a* y b* corresponden a la cromaticidad. El parámetro a* define la componente rojo-verde, siendo positivo para tonos rojos y negativo para tonos verdes. El parámetro b* representa la componente amarillo-azul, siendo positivo para tonos amarillos y negativo para tonos azules (León et al., 2006).

RESULTADOS

Diseño del prototipo del cvs

El diseño del prototipo del CVS consideró la iluminación vertical para evitar reflejos, y se utilizó el espacio de color CIE Lab, que ofrece una representación más uniforme y adecuada para la cuantificación del color en alimentos.

- Implementación del cvs..

  El sistema de CVS implementado captura imágenes utilizando una cámara de video digital, procesa estas imágenes en el espacio de color RGB y realiza una segmentación basada en la relación de rojo y azul. Posteriormente, se convierten los píxeles al espacio de color Lab*, aunque se reconoce que esto puede implicar una pérdida de precisión. Es importante tener en cuenta la existencia

de múltiples matrices de conversión de RGB a XYZ debido a la dependencia en programas algorítmicos.

Algoritmo desarrollado para el procesamiento de imágenes

Se implementó un algoritmo de análisis de imágenes realizado en Framework: Visual Studio Lenguaje: C#. (Tabla 1) para estimar el color y una GUI sencilla para caracterizar el color en las superficies planas del plátano.

```
//
//  CIELAB
//
using System;
using System.Drawing;

struct CIELAB
{
  private const double Xn = 0.950456;
  private const double Yn = 1.0;
  private const double Zn = 1.088754;

  private double l;
  private double a;
  private double b;

  public double L
  {
    get { return l; }
    set { l = value; }
  }

  public double A
  {
    get { return a; }
    set { a = value; }
  }

  public double B
  {
    get { return b; }
    set { b = value; }
  }


  public CIELAB(Double _L, Double _A, Double _B)
  {
    l = _L;
    a = _A;
    b = _B;
  }

  public CIELAB(Color rgb)
  {
    CIELAB _lab = CIELAB.Parse(rgb);
    l = _lab.L;
    a = _lab.A;
    b = _lab.B;
  }

  public CIELAB(CIEXYZ xyz)
  {
    CIELAB _lab = CIELAB.Parse(xyz);
    l = _lab.L;
    a = _lab.A;
    b = _lab.B;
  }

  ///<summary>
  /// Color〜変換
  ///</summary>
  ///<param name="" hsv""="">///<returns></returns>
  public Color ToColor()
  {
    return ToCIEXyz().ToColor();
  }

  ///<summary>
  /// CIEXyz〜変換
  ///</summary>
  ///<param name="" hsv""="">///<returns></returns>
  public CIEXYZ ToCIEXyz()
  {
    double _delta = 6.0 / 29.0;
    double _fy = (l + 16.0) / 116.0;
    double _fx = _fy + a / 500.0;
    double _fz = _fy - b / 200.0;

    double _x, _y, _z;

    if (_fx > _delta)
    {
      _x = Xn * Math.Pow(_fx, 3);
    }
    else
    {
      _x = (_fx - 16.0 / 116.0) * 3 * Math.Pow(_delta, 2);
    }

    if (_fy > _delta)
    {
      _y = Yn * Math.Pow(_fy, 3);
    }
    else
    {
      _y = (_fy - 16.0 / 116.0) * 3 * Math.Pow(_delta, 2);
    }

    if (_fz > _delta)
    {
      _z = Zn * Math.Pow(_fz, 3);
    }
```

```
        else
        {
            _z = (_fz - 16.0 / 116.0) * 3 * Math.Pow(_delta, 2);
        }

        return new CIEXYZ(_x, _y, _z);
    }

    ///<summary>
    /// CIEXYZ
    ///</summary>
    public static CIELAB Parse(CIEXYZ xyz)
    {
        double _l = 116.0 * Fxyz(xyz.Y / Yn) - 16;
        double _a = 500.0 * (Fxyz(xyz.X / Xn) - Fxyz(xyz.Y / Yn));
        double _b = 200.0 * (Fxyz(xyz.Y / Yn) - Fxyz(xyz.Z / Zn));

        CIELAB _result = new CIELAB(_l, _a, _b);

        return _result;
    }

    ///<summary>
    /// XYZ to L*a*b* transformation function.
    ///</summary>
    private static double Fxyz(double t)
    {
        double _result;
        if (t > 0.008856)
        {
            _result = Math.Pow(t, (1.0 / 3.0));
        }
        else
        {
            _result = 7.787 * t + 16.0 / 116.0;
        }

        return _result;
    }

    ///<summary>
    /// CIEXYZからColorへ変換
    ///</summary>
    ///<param name="" col""=""> ///<returns></returns>
    public static CIELAB Parse(Color col)
    {
        CIEXYZ _xyz = CIEXYZ.Parse(col);
        return CIELAB.Parse(_xyz);
    }

    ///<summary>
    ///文字列に変換
    ///</summary>
    ///<returns></returns>
    public override string ToString()
    {
        string _result = string.Format("CIELab [L*={0}, a*={1}, b*={2}", l.ToString("F"), a.ToString("F"), b.ToString("F"));

        return _result;
    }
}

//
//  CIEXYZ
//
//
struct CIEXYZ
{
    private double x;
    private double y;
    private double z;

    public double X
    {
        get { return x; }
        set { x = value; }
    }

    public double Y
    {
        get { return y; }
        set { y = value; }
    }

    public double Z
    {
        get { return z; }
        set { z = value; }
    }

    public CIEXYZ(Double _X, Double _Y, Double _Z)
    {
        x = _X;
        y = _Y;
        z = _Z;
    }

    public CIEXYZ(Color rgb)
    {
        CIEXYZ _xyz = Parse(rgb);

        x = _xyz.X;
```

```
        y = _xyz.Y;
        z = _xyz.Z;
    }

```

```
        {
            _b = (_BLinear / 12.92);
        }

```

```
        ///<summary>
        /// CIELab
        ///</summary>
        ///<param name="" lab""=""> public CIEXYZ(CIELAB Lab)
        {
            CIEXYZ _xyz = Lab.ToCIEXyz();
            x = _xyz.X;
            y = _xyz.Y;
            z = _xyz.Z;
        }

        ///<summary>
        /// Color
        ///</summary>
        ///<param name="" col""=""> ///<returns></returns>
        public static CIEXYZ Parse(Color col)
        {
            double _RLinear = col.R / 255d;
            double _GLinear = col.G / 255d;
            double _BLinear = col.B / 255d;

            double _r, _g, _b, _x, _y, _z;

            if (_RLinear > 0.04045)
            {
                _r = Math.Pow((_RLinear + 0.055) / (1 + 0.055), 2.2);
            }
            else
            {
                _r = (_RLinear / 12.92);
            }

            if (_GLinear > 0.04045)
            {
                _g = Math.Pow((_GLinear + 0.055) / (1 + 0.055), 2.2);
            }
            else
            {
                _g = (_GLinear / 12.92);
            }

            if (_BLinear > 0.04045)
            {
                _b = Math.Pow((_BLinear + 0.055) / (1 + 0.055), 2.2);
            }
            else
```

```
            _x = _r * 0.4124 + _g * 0.3576 + _b * 0.1805;
            _y = _r * 0.2126 + _g * 0.7152 + _b * 0.0722;
            _z = _r * 0.0193 + _g * 0.1192 + _b * 0.9505;
            CIEXYZ _result = new CIEXYZ(_x, _y, _z);

            return _result;
        }

        ///<summary>
        /// Colorへ変換
        ///</summary>
        ///<param name="" xyz""=""> ///<returns></returns>
        public Color ToColor()
        {
            double _r = 3.240479 * x - 1.53715 * y - 0.498535 * z;
            double _g = -0.969256 * x + 1.875991 * y + 0.041556 * z;
            double _b = 0.055648 * x - 0.204043 * y + 1.057311 * z;

            Color _result = Color.FromArgb(FromLinear(_r), FromLinear(_g), FromLinear(_b));
            return _result;
        }

        private static int FromLinear(double v)
        {
            int _result;

            if (v <= 0.0031308)
            {
                _result = (int)(Clamp(v * 12.92) * 255.0 + 0.5);
            }
            else
            {
                _result = (int)(Clamp(1.055 * Math.Pow(v, (1.0 / 2.4)) - 0.055) * 255.0 + 0.5);
            }

            return _result;
        }

        private static double Clamp(double v)
        {
            double _result = v;
```

Tabla 1.

Algoritmo de análisis de imágenes

Calibración del CVS

Se observaron pequeñas diferencias entre los valores de los parámetros de color

(L *, a * y b *) obtenidos por el colorímetro y el CVS También se observó que la conversión del modelo de RGB a L * a * b *, obtenida a partir de imágenes generadas por CVS, es confiable. La relación entre los dos dispositivos, nos brinda el CIELAB. (L*64.56, a* 0.23, b* 49.63). Un error inferior al 10% indica que el modelo explica aceptablemente los datos experimentales (Gutiérrez-Pulido & de la Vara Salazar, 2004).

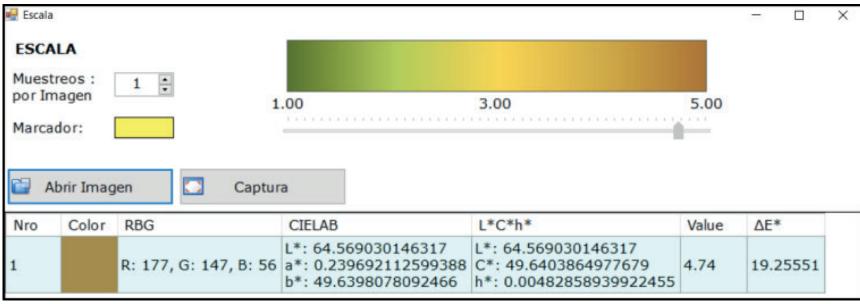


Figura 02. Los parámetros de color del plátano no estuvieron en los rangos

CREADO POR TARVOS

Parámetros de medición del color en el plátano

El color es una propiedad importante relacionada con la composición química y el grado de alteración de los alimentos a lo largo del tiempo. Los diferentes valores de Luminosidad (L *indican que el reflejo de la luz en el plátano fue heterogéneo. Esto puede haber ocurrido como resultado de la maduración, ya que presentaba pigmentos de color oscuro.

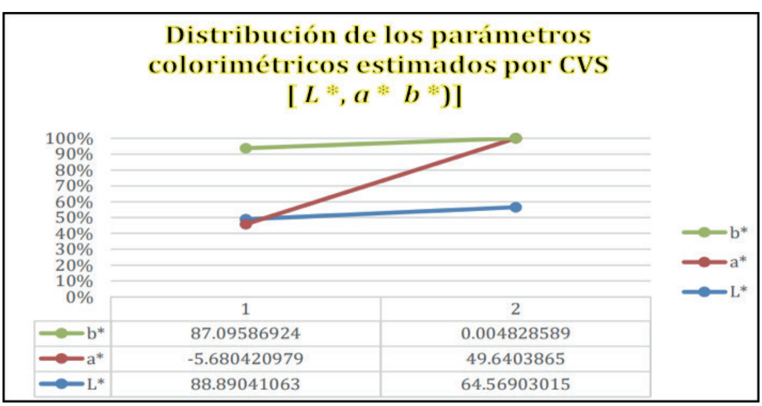


Figura 03. Distribución de los parámetros colorimétricos estimados por CVS [L *, a *, b *] del plátano freso (1) y la muestra (2)

L * disminuye a medida que las muestras son más oscuras. muestra que las muestras están disminuyendo en valor L * frente al tiempo, lo que significa que las muestras se oscurecieron.

CONCLUSIONES

El estudio presenta un nuevo algoritmo de visión por computadora aplicado al análisis del color del plátano durante su proceso de maduración. Este algoritmo proporciona información objetiva y sensorial sobre el color, lo cual podría reemplazar los sistemas tradicionales basados en mediciones subjetivas, como la evaluación del panel sensorial, que pueden verse influenciados por factores como la fatiga, el estrés y la visión de los evaluadores.

El algoritmo implementado en el sistema de visión por computadora permitió estimar los parámetros de color CIE Lab (L*64.56, a* 0.23, b* 49.63) del plátano, mostrando una tendencia hacia un color café claro (C* 49.64) con una combinación de rojo-amarillo y una variación en el cuadrante amarillo-verde. También se obtuvieron los valores RGB (R:177, B:56, G:147) y el valor ΔE (19.25), que indican una tendencia hacia colores que van desde el amarillo oscuro hasta el café. Estos resultados demuestran que el sistema diseñado ayuda a explicar los cambios de color del plátano mínimamente procesado y podría utilizarse en tiempo real para medir la calidad del color en los alimentos, seleccionando aquellos que cumplen con los estándares mínimos requeridos.

En futuras investigaciones, se propone integrar el sistema de visión por computadora con una red neuronal artificial que utilice parámetros colorimétricos y morfométricos del plátano y otros alimentos. Este sistema integrado podría clasificar los alimentos procesados o frescos según su calidad sensorial y estimar la vida útil sensorial de los alimentos mínimamente procesados.

REFERENCIAS

Atencio Ortíz, P. S. (2009). *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD DEL MANGO DE AZÚCAR DE EXPORTACIÓN*. UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA, FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS.

Blasco, J., Aleixos, N. y Moltó, E. (2007). Detección por visión artificial de defectos de cáscara en cítricos mediante un algoritmo de segmentación orientado a regiones. Revista de Ingeniería de Alimentos, 81(3), 535e543. http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.12.007.

Euroinnova Business School. (2022, December 16). *Nuevos estándares de calidad en alimentación*. Euroinnova Business School. https://www.euroinnova.pe/blog/nuevos-estandares-de-calidad-en-alimentacion

León, K., Mery, D., Pedreschi, F. y León, J. (2006). Medición de color en unidades L *a*b* a partir de imágenes digitales RGB. Food Research International, 39(10), 1084e1091. http://dx.doi.org/ 10.1016/j.foodres.2006.03.006.

Pedreschi, F., León, J., Mery, D., & Moyano, P. (2006). Desarrollo de un sistema de visión artificial para medir el color de patatas fritas. Food Research International, 39(10), 1092e1098. http:// dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.009.

Ramírez Ramírez, D. Y. (2015). *Herramientas y técnicas de mejora de la calidad en la industria de alimentos latinoamericana y su aporte a la competitividad organizacional*. 26.

Vela Panduro, Claudio Ramón Vidal Marca, Javier. (2007). *Estación Experimental Agraria Illpa - Puno PROYECTO SAN GABÁN*. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/765/1/Vela-Manejo_integrado_cultivo_pl%C3%A1tano.pdf

O USO DA *UNIFIED MODELING LANGUAGE* (UML) NA MODELAGEM DE *SOFTWARE*

Data de aceite: 01/08/2023

Henderson Matsuura Sanches
Centro Universitário UDF
Orcid: 0000-0003-2354-3393

RESUMO: Em seus primórdios, a *Unified Modeling Language* (UML) surgiu com o objetivo de juntar as diversas linguagens de modelagem da época, tornando-se, desta forma, a linguagem universal de modelagem de sistemas, atualmente a UML encontra-se na versão 2.5.1 conforme informado pela *Object Management Group* (OMG), o objetivo deste trabalho objetivo apresentar a modelagem de software utilizando a UML, apresentando alguns conceitos importantes dos diagramas como: Diagrama de Caso de Uso (DCU), Diagrama de Classe (DC), Diagrama de Atividade (DA) e do Diagrama de Sequência (DS) e apresentar alguns trabalhos utilizando a UML sendo a metodologia sendo a pesquisa bibliográfica reaizada nas bases de pesquisa sendo; CAPES, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), *Google* Acadêmico, *SciELO*, *OpenLib* (***SOL***) a biblioteca digital mantida pela Sociedade Brasileira de Computação (***SBC***) e conclui-se que a UML continua sendo importante na modelagem de *software*.

PALAVRAS-CHAVE: UML, Sistema de Informação, Especificação, Diagramas, Modelagem de Software.

ABSTRACT: In its early days, the Unified Modeling Language (UML) emerged with the aim of joining the various modeling languages of the time, thus becoming the universal language for systems modeling, currently the UML is in the current version 2.5 .1 as informed by the Object Management Group (OMG), the objective of this work is to present software modeling using the UML, presenting some important concepts of the diagrams such as: Use Case Diagram (UCD), Class Diagram (DC), Activity Diagram (DA) and Sequence Diagram (DS) and present some works using the UML being the methodology being the bibliographic research carried out in the research bases being; CAPES, Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD), Google Scholar, SciELO, OpenLib (SOL) the digital library maintained by the Brazilian Computing Society (SBC) and it is concluded that the UML continues to be important in software modeling.

KEYWORDS: UML, Information System, Specification, Diagrams, Software Modeling.

1 I INTRODUÇÃO

Em seus primórdios, a *Unified Modeling Language* (UML) surgiu com o objetivo de juntar as diversas linguagens de modelagem da época, tornando-se, desta forma, a linguagem universal de modelagem de sistemas. Desde sua criação, e até a sua versão atual 2.5.1 conforme informado no *site da Object Management Group* (OMG) organização responsável pela UML.

A UML tornou-se a linguagem líder para a modelagem de sistemas orientados a objetos e é largamente utilizada pelas empresas de *software* e pelas academias ao ensinar modelagem. A UML não oferece uma "receita de bolo" para essa escolha. Pode até parecer estranho, mas a linguagem também não diz quando devem ser criados os diagramas que compõem o modelo. O importante é que quando especificados eles sejam consistentes e bem construídos (VIEIRA, 2003). Porém um diagrama que é condenso entre inúmeros autores é o Diagrama de Caso de Uso (DCU) sendo o principal diagrama para a criação dos demais assim para toda a documentação (SANCHES, 2023).

1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a modelagem de *software* utilizando a UML

2 I PROCESSO DE MODELAGEM DE *SOFTWARE*

Kitchenham e Pfleeger (2008, p. 82) definem a modelagem de sistemas da seguinte forma: "Os modelos são usados durante o processo de engenharia de requisitos para ajudar a extrair os requisitos do sistema; durante o processo de projeto, são usados para descrever o sistema para os engenheiros que o implementam; e, após isso, são usados para documentar a estrutura e a operação do sistema.". Afirmam, pois, que a importância da modelagem não está concentrada somente na atividade de planejamento do processo de *software* e sim, distribuída por todo o processo.

"O mundo moderno não poderia existir sem o *software*. Infraestruturas e serviços nacionais são controlados por sistemas computacionais, e a maioria dos produtos elétricos inclui um computador e um *software* que o controla." (SOMMERVILLE, 2011, p. 2), com estas palavras Ian Sommerville dá início ao seu livro sobre Engenharia de *Software*. Se para Sommerville, em 2011, a sentença supracitada era uma verdade, agora, há quase uma década da publicação da obra, é possível se atestar a grande dependência do mundo aos produtos de *software*.

Cada vez mais são necessários produtos de *software* mais rápidos, mais complexos e melhores para suprir as necessidades da sociedade em geral. O processo de

modelagegm de *software* conta com algumas etapas entre planejamento, desenvolvimento e implementação (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2006), “A modelagem é uma parte central de todas as atividades que levam à implantação de um bom *software*” (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2006, p. 32), deste trecho pode-se notar uma grande valorização da modelagem, pela possibilidade de, por meio dela, esboçar como é ou como se deseja que o sistema seja, orientar o desenvolvimento, documentar as decisões tomadas, entre outros. Nesse contexto, em 1997, surgiu a UML, com o intuito de unificar as modelagens presentes na época e se tornou, desta forma, uma linguagem universal no quesito de modelagem de *software*, sendo a linguagem mais utilizada em modelagem atualmente (SOMMERVILLE, 2011).

Desde então a UML passou a ser incluída no ensino de engenharia de *software*, presente na vasta maioria da literatura que aborda o tema e também nas grades acadêmicas dos cursos que possuem relação com o desenvolvimento de *software*, como é o caso dos cursos de Bacharelado em Ciências da Computação (CC), Engenharia de *Software* (ES), Engenharia de Computação (EC), Sistema de Informação (SI), Tecnólogos como: Analise e Desenvolvimento de *Software* (ADS), entre outros. Porém, pela grande quantidade de diagramas existentes na linguagem em questão, é prática comum que haja um maior enfoque, dentro do ambiente acadêmico, em alguns diagramas que se imagina serem os mais condizentes com o ambiente profissional, sendo os diagramas de casos de uso, de classe, de sequência e de atividade.

2.1 *Unified Modeling Language* (UML)

A UML é definida da seguinte maneira no manual oficial da linguagem: “A UML, Linguagem Unificada de Modelagem, é uma linguagem gráfica para visualização, especificação, construção e documentação de artefatos de sistemas complexos de software. A UML proporciona uma forma-padrão para a preparação de planos de arquitetura de projetos de sistemas, incluindo aspectos conceituais, tais como processos de negócios e funções do sistema, além de itens concretos como as classes escritas em determinada linguagem de programação, esquemas de bancos de dados e componentes de software reutilizáveis.” (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2006, p. 7).

2.2 Diagrama de Caso de Uso (DCU)

Os diagramas de casos de uso têm como objetivo a visualização, especificação e documentação do comportamento de um dos elementos do sistema em uma perspectiva externa, de usuário, para tal mostra conjuntos de casos, atores e os relacionamentos entre eles (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2006). Como exemplo de um diagrama de caso de uso, a Figura 1 mostra dois atores sendo “usuário” e “professor” com uma generalização.

O DCU apresenta a funcionalidade na visão do usuário.

Todas as Figuras foram criadas no aplicativo *Drawio* por ser gratuito e já conter a modelagem da UML 25 e todas de autoria do autor.

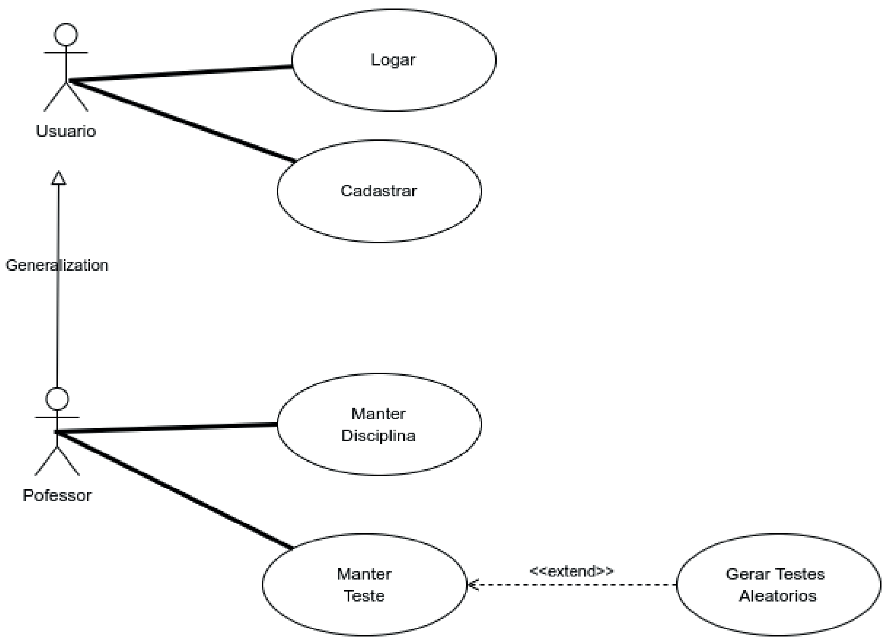


Figura 1: Diagrama de Caso de Uso com dois Atores com uma Generalização (Fonte: Autor).

Pode-se observar na Figura 1 dois atores sendo o “usuário” e o “professor” sendo que o professor está generalizando (herdando) as funcionalidades do usuário e onde o professor tem 3 (três) casos de uso sendo um *“extend”* sendo uma regra de negócio do sistema. Todos os casos de uso devem iniciar-se com verbo no infinitivo, as associações devem ser abaixo ou próximo do braço do ator e jamais puxar casos de uso da cabeça ou do pé do ator.

No DCU tem a notação “sistema”, o sistema é usado para definir o objetivo do caso de uso e é desenhado como um retângulo, este fica a critério do analista de requisitos ao modelar, porém é obrigatório quando for apresentado a interação do ator com o sistema m exemplo prático é o usuário interagindo com o caixa eletrônico, neste caso deve-se colocar o retângulo para fazer apresentar o limite do sistema.

2.3 Diagrama de Classe (DC)

Os diagramas de classes têm como objetivo a visualização estática das classes do sistema, com seus atributos e métodos e a relação entre as classes existentes (GUEDES, 2018). A Figura 2 apresenta o diagrama de classe da Figura 1.

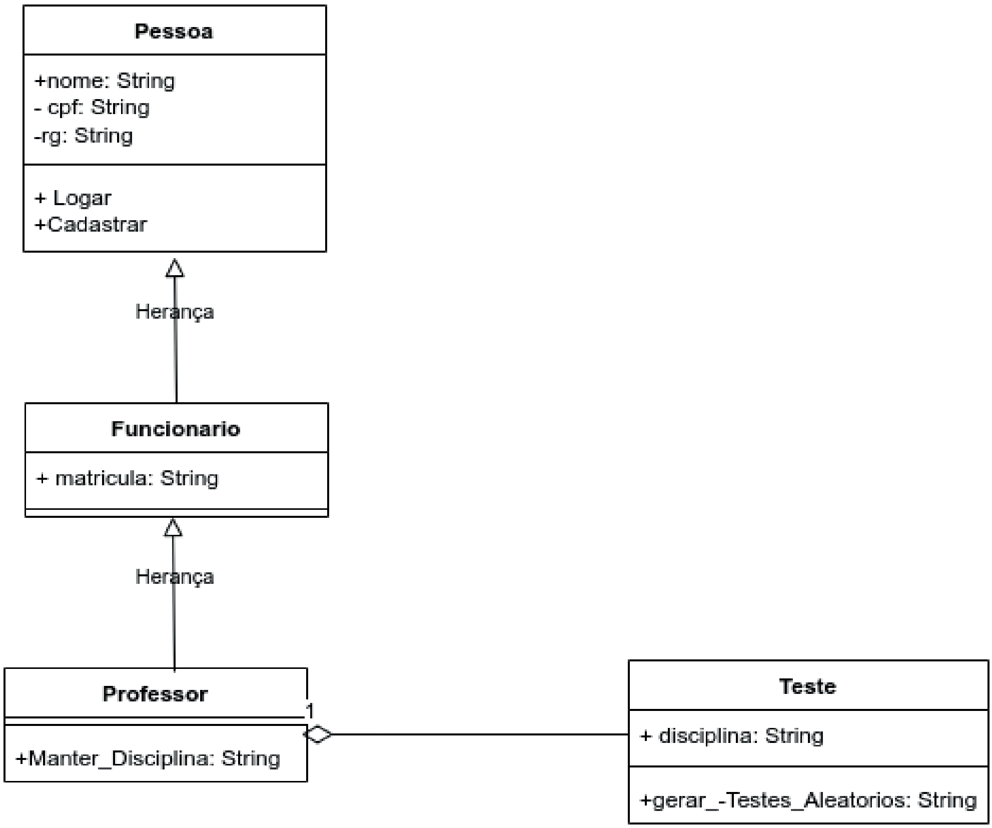


Figura 2: Diagrama de Classe da Figura 1 (Fonte: Autor).

Pode-se observar na Figura 2 que o usuário agora virou “classe pessoa” com seus atributos, pois todo usuário na vida era é uma pessoa, e no DC é algo concreto real que existe na vida real, se temos como colocar atributo então é classe, lembrando toda classe tem atributo, porém nem todas classe precisa ter método. Tem-se também a “classe funcionário” com o atributo “matricula” o qual herda da classe pessoa e em seguida a “classe professor” que herda da classe funcionário o qual tem o método “manter_Disciplina” e por fim a “classe teste” com o atributo “disciplina” e o método “gerar_Testes_Aleatórios” sendo uma agregação da classe professor.

No DC os nomes devem sempre inciar com letra minúscula e é recomendado colocar o que ela é como: String, Real, Inteiro, Caracter, Float, Boleana, entre outros. Lembrando que o DC pode gerar código do programa.

2.4 Diagrama de Atividade (DA)

Os diagramas de atividades têm por objetivo exibir uma sequência de condições que coordenam a forma com que o sistema se comporta. Este diagrama é o que possui maior

proximidade com o nível de algoritmo em si (GUEDES, 2018). Exemplificando este tipo de diagrama, a Figura 3 mostra as atividades das etapas.

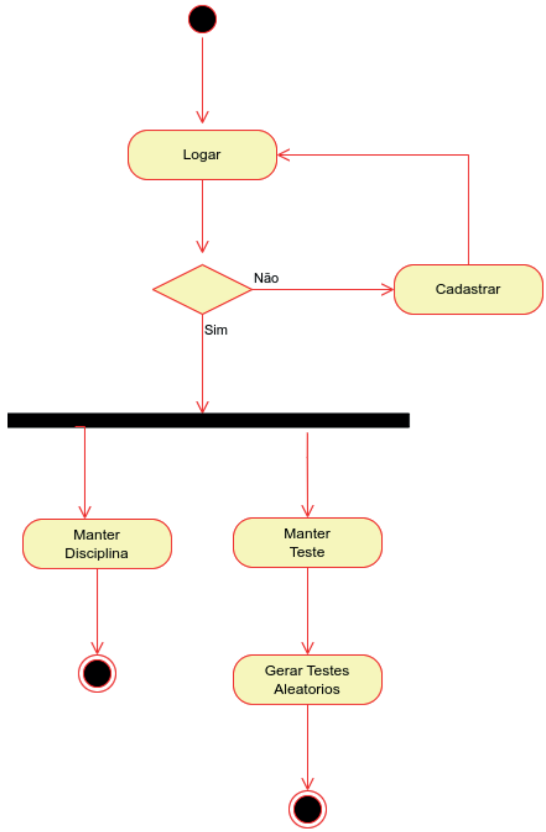


Figura 3: Diagrama de Atividade da Figura 1 (Fonte: Autor).

Pode-se observar na Figura 3 que o usuário inicia logando tendo uma condição "sim" e "não" o qual se ele tiver cadastrado o mesmo acessa o sistema caso contrário deve realizar o cadastro para efetuar o acesso, acessando temos um *fork* onde o professor pode escolher umas das duas opções e caso realize ele finaliza.

2.5 Diagrama de Sequência (DS)

Os diagramas de sequências têm por objetivo descrever, no tempo, a ordem das mensagens. Trazendo no topo os objetos que fazem parte da interação e as mensagens, vão sendo representadas em ordem crescente de tempo, de cima para baixo. Esses diagramas se diferem pela presença da "linha de vida", que indica o intervalo de tempo que um objeto existiu (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2006). A Figura 4 apresenta do diagrama de sequência da Figura 1.

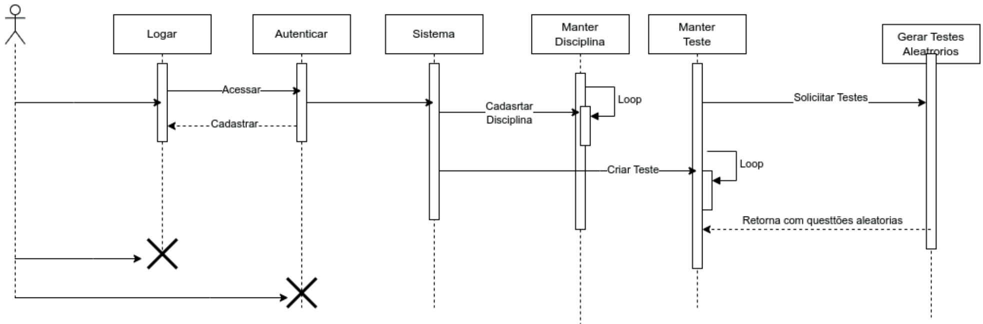


Figura 4: Diagrama de Sequência da Figura 1 (Fonte: Autor).

Pode-se observar na Figura 4 que o usuário ao logar será autenticado, caso não seja retorna uma mensagem para cadastrar, tendo cadastro o usuário terá acesso ao sistema e poderá realizar as suas funções conforme é mostrando na Figura acima.

3 I METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados sendo; CAPES, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), *Google* Acadêmico, *SciELO*, *OpenLib* (SOL) a biblioteca digital mantida pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC), o intuito é demostrar a importância da UML na modelagem de *software*, na busca de sobre o tema, bem como publicações e artigos científicos em torno do assunto como pode ser visto na Tabela 1 trabalhos voltados a UML.

Autor	Trabalho
Bento, 2020	UML: Um estudo sobre o uso em empresas de desenvolvimento de software em São Carlos - SP e região
Margarida, 2018	Avaliação da aplicabilidade da UML como uma ADL de software
Ferreira, 2009	Modelagem de domínios temporais de planejamento com UML.P
Bertran, 2009	Avaliação da qualidade de software com base em modelos uml
Vieira, 2003	Uso da UML na Especificação do Sistema de Informação da Área de Infra-Estrutura da UFRGS
Costa, 2001	A aplicação da linguagem de modelagem unificada (UML) para o suporte ao projeto de sistemas computacionais dentro de um modelo de referência

Tabela 1: Revisão da Literatura de Trabalhos Voltados a Modelagem com UML.

CONCLUSÃO

Com este trabalho foi possível realizar a revisão bibliográfica sobre diversos conceitos na modelagem de *software* utilizando a UML e revendo alguns conceitos importantes como a fundamentação, e pode-se ver que a UML continua sendo utilizado para modelar *software* antes de serem codificados para amenizar os erros no desenvolvimento.

REFERENCIAS

BENTO, Luiz Henrique Ten Caten UML: Um estudo sobre o uso em empresas de desenvolvimento de software em São Carlos - SP e região / Luiz Henrique Ten Caten Bento. – São Carlos – SP, 2020. 60 p.; 29,7 cm.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. UML: guia do usuário. Elsevier, 2006. ISBN 9788535217841. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=ddWqxcDKGF8C> Acessado em 12/04/2023.

GUEDES, G. T. UML 2-Uma abordagem prática. [S.l.]: Novatec Editora, 2018.

KITCHENHAM, B. A.; PFLEEGER, S. L. Personal opinion surveys. In: Guide to Advanced Empirical Software Engineering. London: Springer London, 2008. p. 63–92. ISBN 978-1-84800-044-5. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-044-5_3> Acessado 11/03/2023.

MARGARIDA Marina de Oliveira: ***AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DA UML COMO UMA ADL DE SOFTWARE***; UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO, INSTITUTO DE CIENCIAS EXATAS E APLICADAS DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO E SISTEMAS, 2018.

SANCHES, Henderson Matsuura: ENGENHARIA DE REQUISITOS DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE, Engenharia elétrica e de computação: docência, pesquisa e inovação tecnológica / Organizadora Lilian Coelho de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de software. PEARSON BRASIL, 2011. ISBN

9788579361081. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=H4u5ygAACAAJ> Acessado em 12/04/2023.

OMG (Object Management Group,) Disponível em <https://www.omg.org/spec/UML/> Acessado em 12/05/2023.

VIEIRA, Ricardo Uso da UML na Especificação do Sistema de Informação da Área de Infra-Estrutura da UFRGS / Ricardo Vieira. _ Porto Alegre: Curso de Especialização em WEB e Sistemas de Informação, 2003.

ESTUDO BIBLIOMÉTRICO: ML APLICADA NA AGRICULTURA

Data de submissão: *Data de aceite: 01/08/2023*

Gizele Ferreira da Silva
Mestranda PGDRA - Fundação Universidade Federal de Rondônia.

David Lopes Maciel
Doutorando PGDRA – UFRO. Professional Master in Master of Science in Emergent Technologies in Education. MUST UNIVERSITY, MUST, EUA.

Fabrício Moraes de Almeida
PhD in Physics (UFC), with post-doctorate in Scientific Regional Development (DCR/CNPq). Researcher of the Doctoral and Master Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO).

RESUMO: A análise estatística de informações bibliográficas são a base para os estudos bibliométricos e a concepção de modelos ou leis que tratam do desenvolvimento do conhecimento no estado da arte. No século XIX, surge de forma incipiente a primeira expressão mais sistemática, entretanto só no início do século XX, com a publicação dos trabalhos de *Lotka* ela ganha força com inserção dos indicadores de produção (BOUSTANY, 1997). A Bibliometria faz uso de métodos matemáticos afim de descrever e quantificar estudos relacionados a uma temática científica (PRITCHARD, 1969). Neste contexto, o objetivo deste paper é quantificar as publicações na área de *Machine Learning (ML)* aplicada na agricultura, através de uma análise bibliométrica. Para tanto, utilizou-se do banco de dados obtido na base *Scopus* e *Web of Science*. O processo de analises fez uso do *software* R / *RStudio* e da aplicação *Bibliometrix* e sua biblioteca *Biblioshiny*, a partir dos dados, verificou-se que o maior número de publicações sobre o tema ocorreu nos anos 2021 e 2022, o autor que mais publicou foi o *WANG Y*, os periódicos de maior relevância foram os *COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE* e *REMOTE SENSING*.

PALAVRAS-CHAVE: *Machine learning*. Aplicação. Agricultura.

BIBLIOMETRIC STUDY: ML APPLIED IN AGRICULTURE

ABSTRACT: The statistical analysis of bibliographic information is the basis for bibliometric studies and the conception of models or laws that deal with the development of knowledge in the state of the art. In the 19th century, the first more systematic expression appears in

an incipient way, however only in the beginning of the 20th century, with the publication of Lotka's works, does it gain strength with the insertion of production indicators (BOUSTANY, 1997). Bibliometrics makes use of mathematical methods in order to describe and quantify studies related to a scientific theme (PRITCHARD, 1969). In this context, the objective of this paper is to quantify the publications in the area of Machine Learning (ML) applied in agriculture, through a bibliometric analysis. For that, we used the database obtained from Scopus and Web of Science. The analysis process made use of the R / RStudio software and the Bibliometrix application and its Biblioshiny library, from the data, it was verified that the largest number of publications on the subject occurred in the years 2021 and 2022, the author who most published was the WANG Y, the most relevant journals were COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE and REMOTE SENSING.
KEYWORDS: Machine Learning. Application. Agriculture.

1 I INTRODUÇÃO

Este capítulo de livro trata da análise da produção científica mundial sobre a aplicação da inteligência artificial na agricultura por meio de indicadores bibliométricos. O tema foi escolhido por estar em evidencia e apresentar grande relevância para o meio produtivo do agronegócio, configurando-se em uma área estratégica na produção de alimentos em nível mundial, neste contexto a melhoria e ampliação da produção de alimentos é de interesse geral, vem de encontro ao objetivo dois da agenda 2030.

Para a realização do estudo, foi usado a bibliometria, que é um método de análise quantitativa para a pesquisa científica. Os dados elaborados por meio dos estudos bibliométricos estimam a contribuição do conhecimento científico para o meio acadêmico e a sociedade, derivando das bases de dados as publicações, e do conjunto delas os indicadores utilizados nas análises e discursões (SOARES, CARNEIRO, et al., 2016).

Ainda de acordo com a cientometria, que é definida como o estudo da mensuração e quantificação do progresso científico, estando a pesquisa baseada em indicadores bibliométricos (BIANCHI, 2002), o mapeamento científico usa métodos bibliométricos para examinar disciplinas, campos, especialidades, autores e redes de pesquisa, busca identificar como elas se relacionam entre si.

Desta forma, o método produz mapas e representações espacial e temporal dos dados obtidos nas bases. Corrobora com esta definição, *Boyack e Klavans* quando afirmam que "[...] O mapeamento científico é uma combinação de classificação e visualização" (BOYACK, 2005, p. 358). O objetivo é criar uma representação da estrutura da área de pesquisa, particionando elementos (documentos, autores, periódicos, palavras) em diferentes grupos. A visualização é então usada para criar uma representação visual da classificação que emerge. (ČATER, 2015).

Os *softwares* utilizados neste trabalho foram o R / *RStudio / Bibliometrix* / *Biblioshine* em conjunto com o MS Excel, as bases utilizadas foram *Web of Science* e a *Scopus*, por

apresentarem o maior número de indexação de periódicos. A pesquisa foi sistematizada através do método SSF - *Systematic-Search Flow*, que tem como objetivo sistematizar o processo de busca, a fim de garantir a repetibilidade e a replicabilidade, evitando os vieses tendenciosos por parte do pesquisador (FERENHOF E FERNANDES, 2016).

2 | METODOLOGIA

Neste capítulo, a operacionalização da pesquisa se deu através da aplicação do método SSF, que consiste de 4 fases e 8 atividades, conforme apresentado na Fig. 1, o método foi desenvolvido segundo os autores, com o intuito de sistematizar o processo de busca ou buscas à base de dados científicas. Sendo assim, ele serve tanto para a revisão sistemática como para a revisão integrativa, dependendo apenas da definição da estratégia na sua utilização (FERENHOF E FERNANDES, 2016).

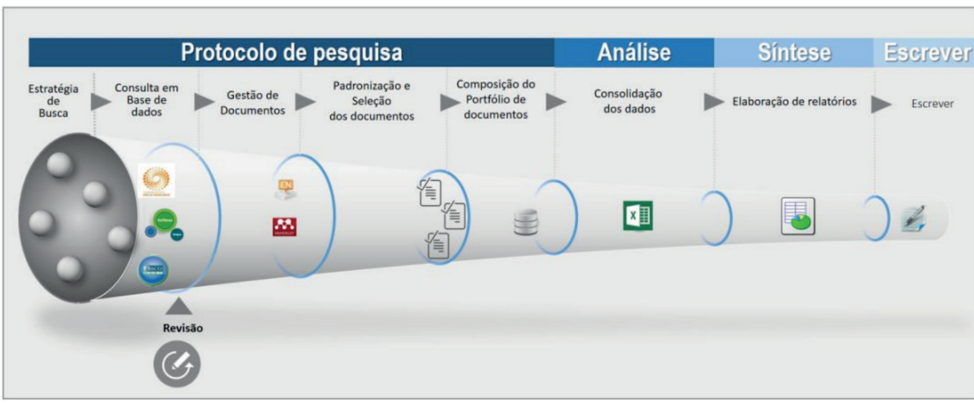


Figura 1 - Representação do método *Systematic Search Flow*

Fonte: Ferenhof e Fernandes, 2016.

Vale ressaltar, que por ocasião da utilização do software R®, na fase 1 (Protocolo de Pesquisa) as atividades 3, 4 e 5, foram totalmente automatizadas com o uso das Bibliotecas RStudio / Bibliometrix. Na fase 2 (Análise) a atividade (consolidação dos dados) também fora automatizada com as mesmas bibliotecas do R®, entretanto foi gerado um arquivo do tipo Banco de dados no *MS Excel*®, contendo todos os artigos pesquisados e unificando os dados obtidos na base *Web of Science* e *Scopus*, este serviu para tratar novamente os dados oriundo do *Bibliometrix.* A fase 3 (Síntese) seguiu o mesmo procedimento de automatização do processo com o uso da biblioteca / *Biblioshine* do R® aplicada no Banco de Dados gerado na fase anterior.

Já na fase 4, conforme preconizado pelos autores Ferenhof e Fernandes, realizou-se a consolidação dos resultados por intermédio da escrita científica, por tanto, foi resgatado o objetivo do trabalho, comparado com o resultado da análise e da síntese, nesta fase foi

eliminada a matriz do conhecimento recomendada pelos autores, uma vez que os dados foram gerados dentro do *Biblioshine,* bem como, os relatórios que fundamentaram a escrita dos resultados, finalizando a atividade 8, proposta pelos autores.

2.1 Execução da Pesquisa

Protocolo da pesquisa:

- Atividade 1 - estratégia de busca fazendo uso do operador lógico (AND, *, " "), e do Query de pesquisa (artigos, documentos em Inglês, artigos indexados no período entre 2015 e 2022, e aplicação de filtros nas categorias da Web of Science);
- Atividade 2 - parametrização e aplicação das Query de pesquisa na base selecionada conforme figuras 2, os termos utilizados foram (*machine learning, application e agriculture*).

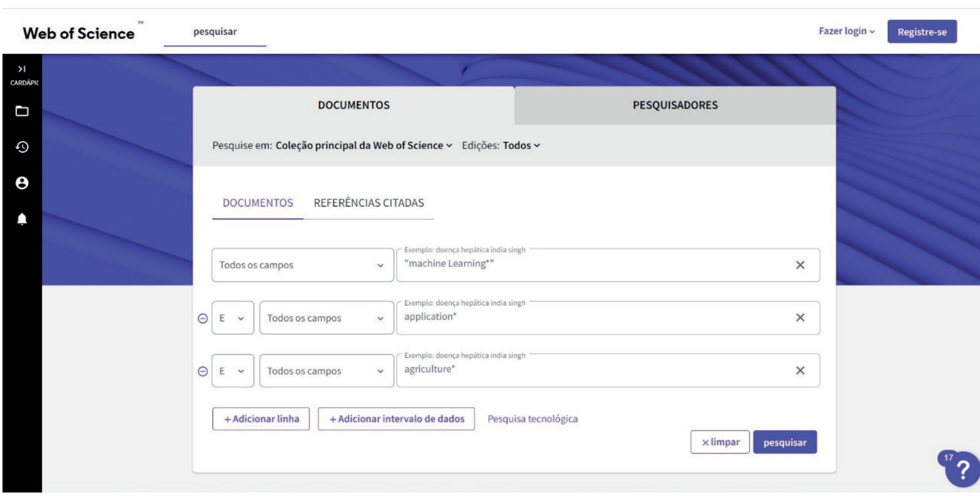


Figura 2 - Parametrização da busca na Base de Dados da *Web of Science*.

Fonte: autores, 2023.

A pesquisa foi realizada na Base de dado da *Web of Science*, através do portal de periódico da CAPES – CAFe.

3 | RESULTADOS

A partir da busca inicial, foi gerado o banco de dado contendo as informações de artigos indexados na base *Web of Science* com 476 artigos, esta fora baixada na extensão "BiTex" conforme mostrado na figura 3 – Print do resultado da Pesquisa. Após download o banco foi exportado para o *Bibliometrix* R, onde passou por tratamento gerando um arquivo

MS Excel® da base. Novamente este arquivo passou por uma reanalise e tratamento onde o critério foi manter apenas os artigos que possuíam DOI, sendo eliminados também as duplicações, desta forma, restaram 475 artigos, sendo eliminados 1 artigo por não possuir DOI. Na sequência estes foram exportados para interface do R – *Biblioshine*, onde foram gerados as informações e os diversos gráficos para análise posterior dos resultados.



Figura 3 – Print do resultado da Pesquisa

Fonte: autores, 2023.

A figura 3, apresenta os dados obtidos na base da *Web of Science*, contendo os 476 artigos, a figura apresenta ainda a configuração do query de pesquisa e os filtros aplicados.

3.1 Resultados do processamento no Biblioshine.

Após o processamento dos dados na biblioteca R / *Bibliometrix*, foram obtidos os seguintes resultados apresentados nas figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.

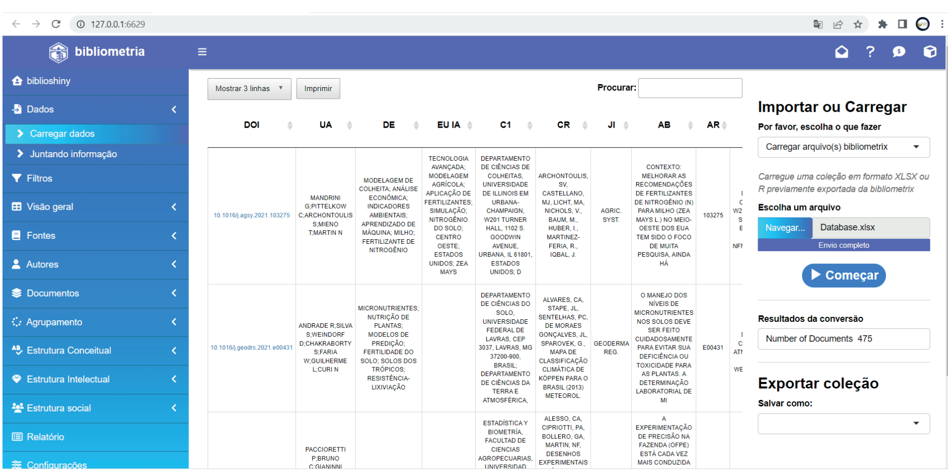


Figura 4 – interface de importação do *Biblioshine*.

Fonte: autores, 2023.

Na interface de importação dos dados, é possível verificar os dados que foram obtidos e correlaciona-los com o arquivo base, tais como intervalo de tempo dos documentos selecionados, número de autores, referências e documentos, tipos de documentos, dentre outros.



Figura 5 – *Main Information*.

Fonte: autores, 2023.

A figura 5, apresenta em números as informações de forma geral, e um resumo das informações obtidas.

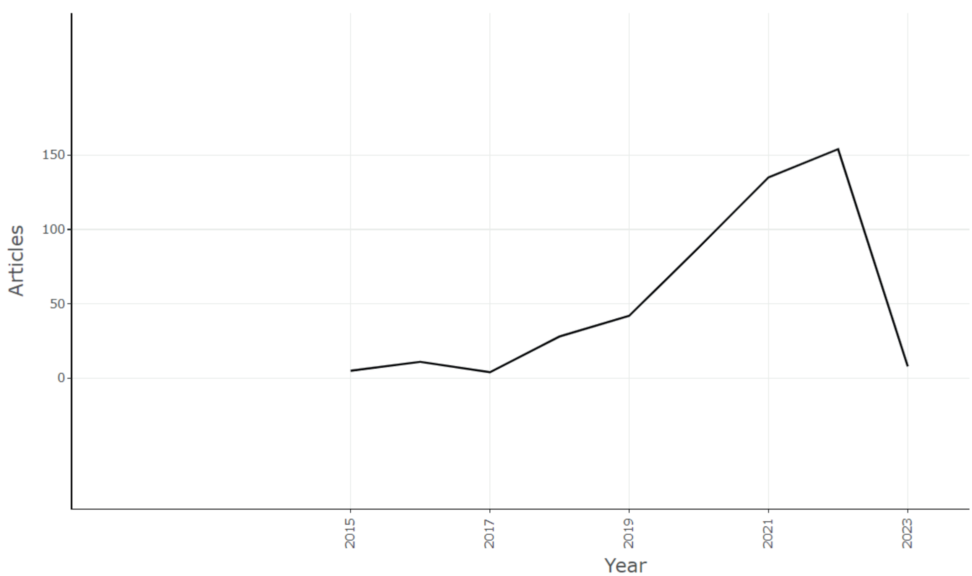


Figura 6 – *Annual Scientific Production*.

Fonte: autores, 2023.

A figura 6, apresenta as informações da produção cientifica anual.

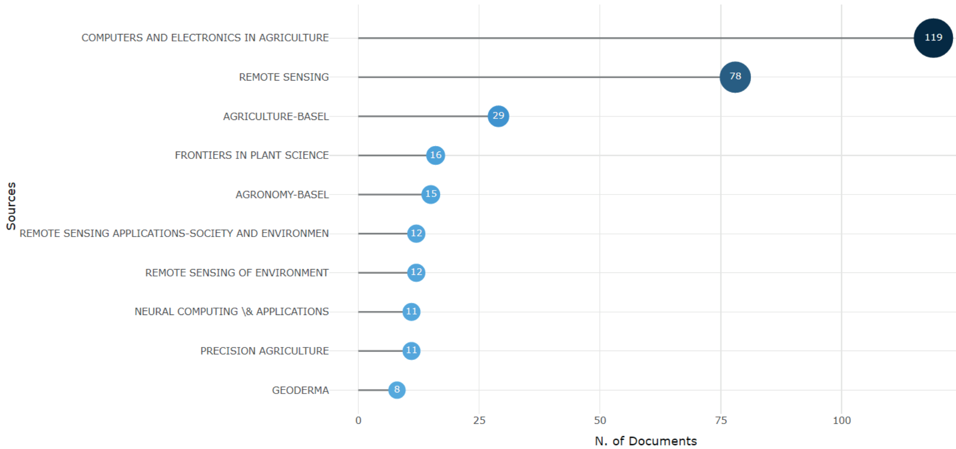


Figura 7 – *Most Relevant Sources*.

Fonte: autores, 2023.

Já a figura 7, traz o gráfico com a indicação das fontes mais relevantes em nível mundial.

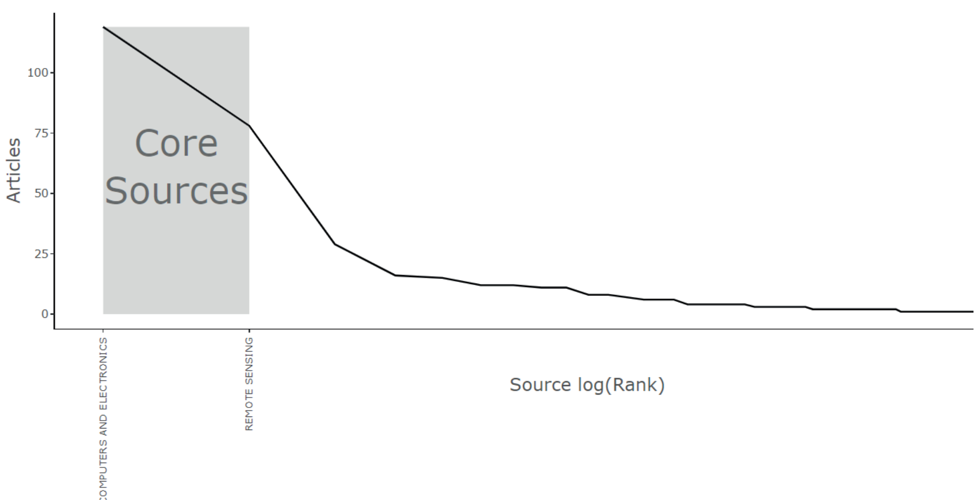


Figura 8 – *Core Sources by Bradford's Law*.

Fonte: autores, 2023.

Na figura 8, o gráfico apresenta as publicações levando em conta as principais fontes categorizadas pela Lei de *Bradford.* Esta lei dispõe sobre a ordenação decrescente da produtividade de artigos de determinado assunto nos periódicos cientifico, possibilitando

o estabelecimento de agrupamentos divididos de forma exponencial.

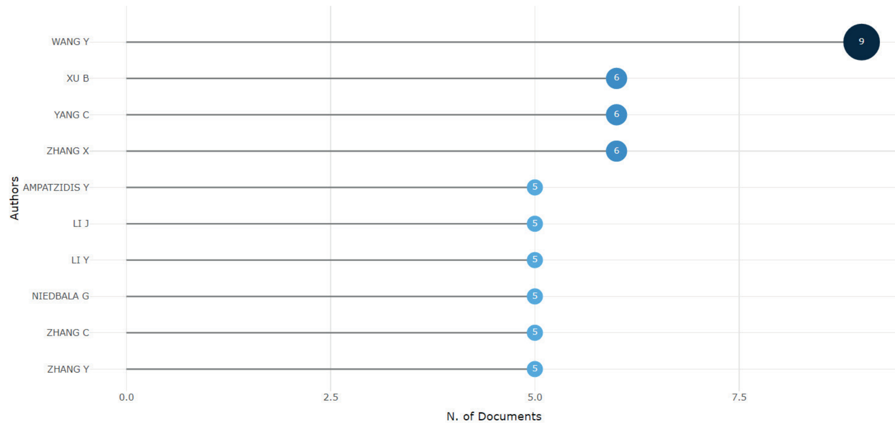


Figura 9 – *Most Relevant Authors*.

Fonte: autores, 2023.

A figura 9, apresenta o gráfico com os principais autores com maior relevância no cenário internacional.

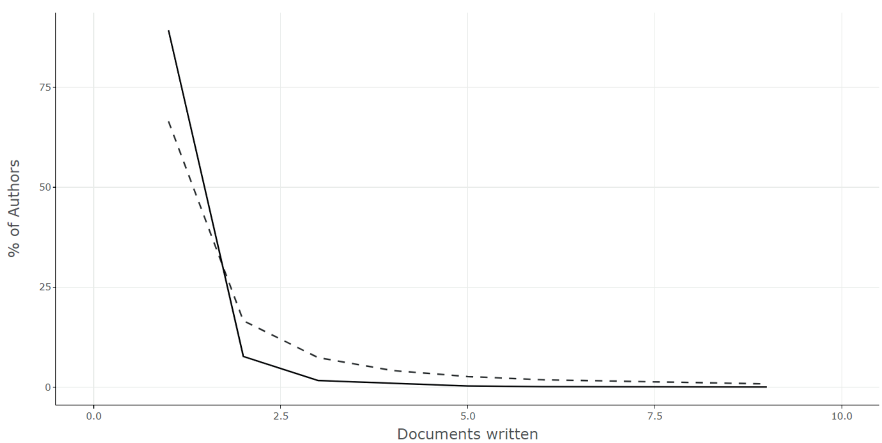


Figura 10 – *Author Productivity through Lotka's Law*.

Fonte: autores, 2023.

A figura 10, nos traz a produtividade dos autores analisada através da Lei de *Lotka*, esta lei descreve a frequência de publicação de autores em qualquer campo do conhecimento, com base no quadrado inverso, em que o número de autores que publicam um determinado número de artigos é uma proporção fixa para o número de autores que

publicam um único artigo.

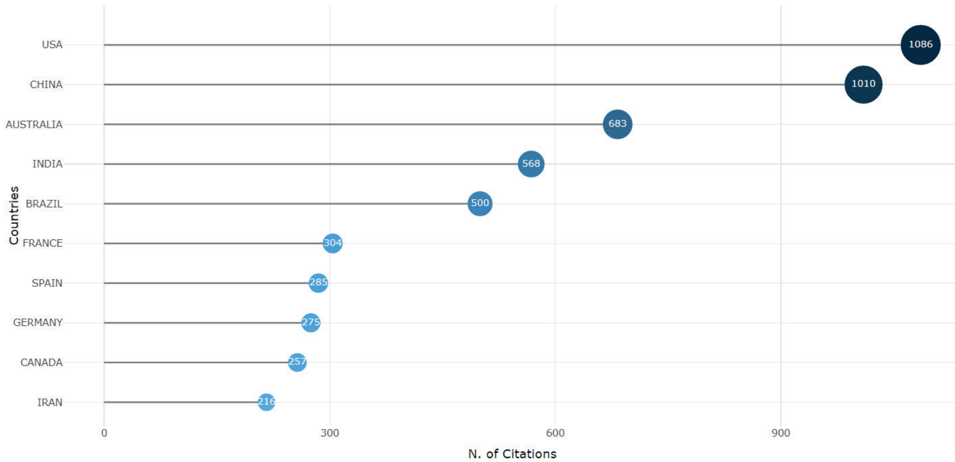


Figura 11 – *Most Cited Countries*.

Fonte: autores, 2023.

A figura 11, apresenta o gráfico os países mais citados nas publicações cientificas e a frequência de citações.

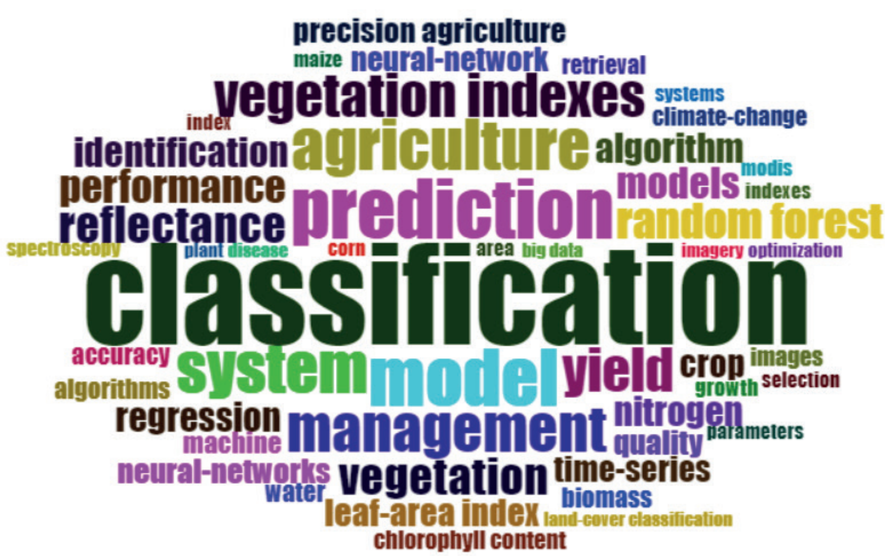


Figura 12 – *WordCloud*.

Fonte: autores, 2023.

A figura 12, apresenta em forma de nuvem de palavras, os termos mais utilizados nas publicações, bem como a frequência de sua ocorrência. Quanto maior o tamanho da palavra, maior a frequência de utilização, logo, quanto menor o tamanho da palavra, menor sua frequência.

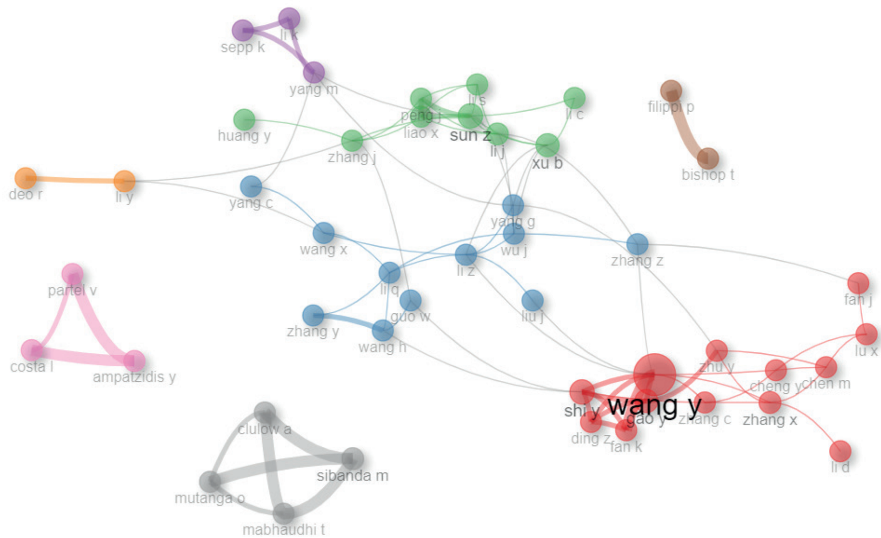


Figura 13 – *Collaboration Network*.

Fonte: autores, 2023.

Por fim, a figura 13, apresenta graficamente as redes internas de autores (sem ligação com outras redes), permitindo evidenciar quais são os autores e as redes que mais publicaram sobre o tema abordado.

CONCLUSÃO

O uso dos indicadores bibliométricos para estudar as atividades de pesquisa de um ou mais campo do conhecimento, tem se tornado cada vez mais comum na avaliação da produção científica. Esses indicadores podem incluir informações sobre a quantidade de artigos publicados, a frequência de citações recebidas, o impacto das revistas em que foram publicados, entre outros dados.

Dessa forma, a bibliometria permite, portanto, uma análise quantitativa da produção científica, que pode ser útil tanto para a comparação entre diferentes áreas de conhecimento quanto para a avaliação individual de pesquisadores e instituições. No entanto, é importante lembrar que a bibliometria não deve ser utilizada como única fonte de avaliação, devendo ser complementada por outras metodologias qualitativas e subjetivas.

Além disso, do ponto de vista cognitivo, a inovação do conhecimento somente

adquire o seu valor quando ele é difundido dentro da comunidade científica. Isso ocorre porque a produção de conhecimento é um processo social, e é somente através da interação entre os pesquisadores que novas ideias e descobertas podem ser avaliadas, testadas e integradas ao conhecimento já existente (MICHAEL, 2000).

Isto leva a que se possa afirmar que a fidedignidade ou a confiabilidade dos resultados dos estudos bibliométricos irá depender substancialmente de sua aplicação correta, levando em conta suas vantagens, mas também as limitações e condições necessárias de sua utilização (ČATER, 2015).

Sendo assim, o estudo bibliométrico realizado, utilizando o método SSF de (FERENHOF E FERNANDES, 2016) e adaptado pelos autores do artigo, possibilitou a obtenção, tratamento e análise dos dados, bem como a geração dos resultados que hora passamos a analisar. Partindo das informações obtidas e apresentadas na figura 6, que o tema é atual e apresenta um padrão de crescimento constante, o que pode ser observado na figura 5, onde a taxa de crescimento é 6,05% ao ano, com idade média de 2,39 anos nos conjuntos dos documentos.

A figura 7, apresenta o gráfico com a indicação das fontes com maior revência global, é possível observar que em se tratando do tema, periódicos multidisciplinares englobam a maior parte dos artigos, sendo o casso do periódico *Computers and Electronics in Agriculture* - *Copyright* © 2023 *Elsevier B.V. All*, que fornece cobertura internacional de avanços no desenvolvimento e aplicação de hardware de computador , *software*, instrumentação eletrônica e sistemas de controle para resolver problemas na agricultura , incluindo agronomia e horticultura, se destaca com 119 publicações envolvendo o tema proposta.

A figura 8, apresenta o gráfico das publicações levando em conta a lei de *Bradford*, A *Lei de Bradford* que sugere que à medida que os primeiros artigos sobre um novo assunto são escritos, eles são submetidos a uma pequena seleção, por periódicos apropriados, e se aceitos, esses periódicos atraem mais e mais artigos, no decorrer do desenvolvimento da área/assunto. Ao mesmo tempo, outros periódicos publicam seus primeiros artigos sobre o assunto (BEUREN, 2007), o que pode ser confirmado no gráfico com o *Computers and Electronics in Agriculture*, seguido do periódico REMOTE SENSING- MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), ambas delimitando o tema.

A figura 9, apresenta o gráfico com os principais autores, os que mais publicam sobre o assunto, é possível observar que apesar das principais publicações estarem nos Estados Unidos, os três principais autores são de origem chinesa, este fato guarda relação com o gráfico da figura 11, onde os países mais citados são os Estados Unidos com 1.086 e a China em segundo lugar com 1.010 citações no ambiente global, neste contexto o Brasil figura na 5ª posição com 500 citações.

A figura 10, apresenta a produção dos autores em função da lei de *Lotka*, de acordo com essa Lei, a produtividade dos autores segue uma distribuição logarítmica inversa, ou

seja, um pequeno número de autores produz uma quantidade significativa de publicações, enquanto a maioria dos autores produz um número relativamente baixo de publicações. Neste contexto a figura 9, corrobora com o observado na figura 10, em que um autor publicou nove artigos, três autores publicaram seis artigos, seis autores publicaram 5 artigos e o grande maioria publicou apenas um artigo.

A figura 12, apresenta em forma de nuvem de palavra os termos mais usados no conjunto dos artigos analisados, aparecendo com maior frequência o termo *classification* sendo mencionada 70 vezes, em segundo lugar aparece *prediction* sendo mencionada 41 vezes e terceiro lugar, temos o termo model sendo usada 40 vezes. Desta forma, os termos mencionados guardam relação com o tema.

Por fim, temos a figura 13, que apresenta em forma de gráfico as redes de autores, a relação entre eles e os grupos que trabalham isoladamente publicando seus artigos em muitos dos casos nos mesmo periódico sendo o caso do BISHOP, JC e YANG, GJ que publicam no periódico *Computers And Electronics In Agriculture*.

A análise bibliométrica apresentada no texto revela diversas informações sobre a produção científica relacionada a um determinado tema. A partir das figuras apresentadas, é possível observar a distribuição de produtividade dos autores, que segue a Lei de *Lotka*, e identificar os principais autores e países que publicam sobre o assunto. Além disso, a nuvem de palavras destaca os termos mais utilizados no conjunto dos artigos analisados, enquanto a rede de autores mostra a relação entre eles e os grupos que trabalham isoladamente publicando em periódicos comuns.

Portanto, destaca-se também a importância da análise bibliométrica para a avaliação da produtividade e impacto de autores e instituições em um determinado campo científico, bem como para a identificação de padrões de colaboração entre pesquisadores. Por fim, a análise bibliométrica apresentada no texto pode fornecer informações úteis para a tomada de decisões na pesquisa científica e para a elaboração de políticas públicas relacionadas à ciência e tecnologia.

REFERÊNCIAS

BEUREN, Ilse M. Em busca de um delineamento de proposta para classificação dos periódicos internacionais de contabilidade para o qualis capes. **Revista Contabilidade & Finanças**, São Paulo, 15 agosto 2007. 46.

BIANCHI, José A. D. S. M. D. L. P. Cientometria: a métrica da ciência. SciELO - **Scientific Electronic Library Online**, São Paulo, Maio 2002. 5-10.

BOUSTANY, Joumana. La production des imprimés non-périodiques au Liban de 1733 a 1920: étude bibliométrique. **Tese (Doutorado em Sciences de l'Information et de la Communication) – Université Michel de Montaigne**, Bordeaux III, 1997.

BOYACK, K.W., K. R. A. B. K. Mapping the Backbone of Science. **Scientometrics, Albuquerque**, agosto 2005. 351-374.

ČATER, Ivan Z. T. Bibliometric methods in management and organization. **Organizational Research Methods**, London, julho 2015. 429-472.

FERENHOF E FERNANDES, Helio A.. R. F. F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SSF. **Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina**, Florianópolis, 11 agosto 2016. 550-563. Disponível em: https://revista.acbsc.org.br/racb. Acesso em: 23 fevereiro 2023.

LOTKA, A.J. The Frequency Distribution of Scientific Productivity. **Journal of the Washington Academy of Sciences**, Washington, 16, n. 12, 19 junho 1926. 317-323. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/24529203. Acesso em: 02 março 2023.

MICHAEL, POLANYI. J. Z. A. S. F. THE REPUBLIC OF SCIENCE: ITS POLITICAL AND ECONOMIC THEORY Minerva. **Minerva**, Spring Street, janeiro 2000. 54-73.

PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics? **Journal of Documentation**, London, 10 January 1969. p. 348-349.

SOARES, Patrícia B. et al. Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, 10 março 2016. 175-185.

GOODS AND SERVICES TAX DYNAMICS: A MULTIPLE LINEAR REGRESSION STUDY FOR BRAZILIAN STATES

Data de aceite: 01/08/2023

Patrícia Ferreira Motta Café
Finance Secretariat (DF)

Luciano Neves Fonseca
University of Brasília (UnB-FGA)

Ricardo Chaim
University of Brasília (UnB-FGA)

ABSTRACT: This research paper aims to model the dynamics and characteristics of the tax on the circulation of goods and services (ICMS) and estimate the potential ICMS tax capacity for Brazilian states based on a set of socioeconomic variables. As ICMS serves as the primary source of public revenue for Brazilian states, it is crucial to determine the maximum tax collection capacity for the tax authority, considering the economic and social characteristics of each state.
The behavior of ICMS was analyzed by considering a combination of classic variables commonly used in similar studies. Moreover, an econometric model utilizing multiple linear regression, employing the Ordinary Least Squares Method, was developed to estimate the potential ICMS revenue for all Brazilian states. Statistical criteria were employed to select the most appropriate estimation mode while also adhering to the principle of parsimony by choosing the simplest model that meets the selected criteria. The Tax Effort Index for each state was calculated from the ratio between the effective and the potential ICMS revenue, providing a valuable tool for analyzing revenue performance in policy-making processes. Lastly, the study produced an SD model depicting the dynamics of the Brazilian good and services tax.
KEYWORDS: ICMS, Econometric model, Multiple linear regression, Tax effort index, SD model.

1 I INTRODUCTION

Taxes are the primary source of revenue to fund government operations and provide public services to society. In Brazil, the main taxes are levied on a classic basis such as income tax, consumption tax, and property tax. Due to Brazil's federalist system, taxes are collected at the three levels of government: federal, state, and municipal.

Generally, the Federal Government handles social contributions and income tax while the States are responsible for taxing goods, and the Municipalities impose taxes on services and urban properties. In 2021, the federal government was responsible for 66% of total revenue, while states and municipalities for 27% and 7% respectively. The Federal District is the only federated unit that collects both state and local taxes.

Within the Brazilian tax system, taxes on goods and services contributes to 44% of the total tax revenue. Among these taxes, the ICMS state tax is the one that most raises revenues, corresponding to 22% of the total and 96% of state revenues. The focus of this work will be on the ICMS tax.

According to Prado (2009), despite the significant role of ICMS in the Brazilian taxation system, the States face a fragile situation. Most states operate with limited budgets and are burdened with debt. Moreover, horizontal cooperation among states is lacking, and the "fiscal war" exemplifies this issue. After the Constitution of 1988, states suffered the most in terms of federal transfers due to the expansion of social contributions for municipal programs, which were not shared with the states. Over time, state governments have primarily relied on blue-chip sectors like electricity, telecommunications, and fuel for approximately 40% of their ICMS revenues, leaving little room for growth.

Consequently, state tax administrations have no choice but to collect ICMS as efficiently as possible, as this tax is the mainstay of their budgets. Monthly, state technicians evaluate tax collection by gathering modality and economic activity and establishing monthly and annual comparisons. However, the assessment of the state capacity of collecting ICMS should go beyond the simple analysis of historical collection series, because these series obviously do not include uncollected components due to the effect of tax expenditures, administrative and judicial litigations, elision and/or evasion. These uncollected taxes constitute the so-called tax gap, which is an object of many tax administration studies. Consequently, estimating the maximum capacity of tax revenue and knowing how much the effective collection represents in relation to this potential is an important management tool for tax administration. This ratio between actual and potential ICMS revenue will be here called Tax Effort Index (TEI).

The focus of this study is to explore a set of socioeconomic variables related to the 26 Brazilian States and the Federal District, collectively referred to as "States" hereafter, which can potentially explain their ICMS revenue from a structural standpoint. The ICMS variable will be regressed against explanatory variables of social and economic nature for all states, using an econometric tool with cross-section data for the year 2014. Consequently, models estimating potential revenue will be developed, and the fiscal effort index of each state will be calculated by comparing potential revenue with actual ICMS revenue.

The paper's organization is as follows: Section 2 will present a discussion, including a literature review of other studies that deal with the same theme. Section 3 will discuss the methodology to be used in the SD and statistical models. Section 4 will analyze the

collected variables that can be used as explanatory variables in the estimation models of potential ICMS tax capacity as well as the behavior analysis of explanatory variables in relation to ICMS. Section 5 will test tax capacity models using the econometric package Gretl (Cottrell and Lucchetti, 2016), and the most appropriated model will be selected. Section 6 will discuss results obtained for the potential ICMS revenue using the selected model, a SD model of the state tax capacity will be presented as well as results for the fiscal effort of each State; and finally, Section 7 will present final conclusions.

2 | DISCUSSION

The potential revenue of a specific country or state represents the maximum amount of revenue that the government could generate considering their socioeconomic conditions and the legal framework of their tax system. According to Viol (2006), there are two concepts of potential tax capacity: the legal and the structural perspective.

The legal potential tax capacity is related to what the government demands from taxpayers based on the existing tax legislation. The potential revenue would then be that maximum possible revenue resulting from the complete application of the current tax system. To measure the legal potential, one must consider the taxable basis outlined in the legislation and the applicable current tax rates. Carvalho et al. (2008) introduced a deterministic method for measuring tax capacity.

On the other hand, the structural potential tax capacity is more challenging to define and measure accurately. It involves estimating econometric models where taxes serve as the dependent variable, while other explanatory variables reflect the socioeconomic characteristics of the country or state. Estimating the structural potential requires considering various literature works that have employed this approach, both internationally and in Brazil.

From the concept of potential tax capacity, one can derive the concept of Tax Effort Index (TEI), or degree of effectiveness, according to some authors. This index is calculated from the ratio of tax revenue, which effectively enters in the public coffers, and the potential revenue, which is estimated by an appropriate structural econometric model. The TEI is used to make comparisons of fiscal efforts between countries, as well as among federal units of a given country.

At the international level, several authors have studied variables and tax capacity models of countries. Using cross-section data in 1964, Lotz and Morss (1969) were the first authors to confirm the positive influence of per capita income and degree of openness of economy. Shin (1969) discussed the significance of per capita income, agricultural product and population growth variables in the analysis of cross-section data. Chelliah (1971) showed that ratio of extractive industry product variable was highly significant, degree of openness was significant and per capita income was not significant. Bahl (1971) confirmed the significance of the agricultural product and the mining industry product, and the tax

capacity related negatively with the first and positively with the second. Tait, Grätz and Eichengreen (1979) updated the results of Lotz and Morss, as well as Chelliah using cross section data in 1974, and they concluded that the variables of the most explanatory power were mining industry product and degree of openness. Mann (1980) studied the tax capacity of Mexico, using time series, and he concluded that degree of openness, per capita income and agricultural products were significant at certain periods of time while only per capita income was significant and inversely related to tax capacity at more recent time. Piancastelli (2001) used both cross section data with the average for the period 1985-95, as well as panel data, concluding that for the total sample studied, per capita income and degree of openness of economy were significant. However, when the sample was divided into low- and middle-income countries, he found that only degree of openness became significant for the low income group while agricultural and industry products influenced tax capacity negatively and positively, respectively, for the middle-income group. Cafe (2003) estimated tax capacity of industrialized countries and Latin America countries, concluding that per capita income and degree of openness were significant and positively related to tax capacity of the full sample of countries, while for separated groups, there was an improvement in the linear adjustment when the agricultural product variable was added to the model.

Several studies establish comparisons among the tax capacity of the Brazilian States. Reis and Bianco (1996) used production function models with panel data for the years 1970, 1975, 1980, 1985 and 1990, obtaining expected results for GDP, urban population, and inflation. Marinho and Moreira (2000) estimated the potential tax capacity of the Northeast States for various taxes in the period between 1991 and 1996, also using models of production function with panel data, obtaining significant and direct relationships between ICMS and per capita income, urban population and degree of urbanization, and negative relations with exports and inflation. Vasconcelos *et al* (2006) used panel data from 1986 to 1999 to estimate the potential tax burden of Brazilian States, concluding that industry and services product and GDP per capita were significant and they had positive signs as expected. Carvalho *et al* (2008) estimated the Amazon States tax capacity between 1970 and 2000, in the census years, also using production function models with panel data and they concluded that the economic and demographic variables used in the model were important to access potential revenues of States. However, they obtained a negative not expected sign for industrial product and a not significant relationship. Cafe (2011) estimated the potential tax capacity of Brazilian States in the 2003-2007 period, using linear regression models, and she concluded that GDP, urban population, and industry variables were positive and significant.

3 I SYSTEM DYNAMICS MODELING COMBINED WITH STATISTICAL METHODS

The study considered many variables found in the literature that could affect the tax

capacity like the Gross Domestic Product (GDP), which measured economic development stage; Exports and Imports, which measured degree of openness; Sector Products (added-value indices) that measure the degree of industrialization and urbanization; and population size. Many other variables such as level of economic inequality (Gini Index), debt (Default Rate), employment (Formal Jobs) and size of the private sector, may also influence state tax capacity. However, a full list would produce extremely complex and probably inaccurate models.

The analysis of variables considered interventions and expected signs (as shown in the Casual Loop Diagram in Figure 1), as well as level of correlation among them, always considering specific economic and tax aspects of Brazilian states. An explanation of the methods used, besides the analysis of each variable and concerns about their interrelation are shown below.

Multiple linear regression models and the method of Ordinary Least Squares (OLS) were used to estimate the potential ICMS tax capacity of Brazilian States. For that, the potential revenue of each State was estimated by the following equation, according to Wooldridge (2010):

$$\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \ldots + \beta_K x_{Ki} + \mu_i$$

where,

$\hat{y}_i$ – Estimated value for ICMS revenue of each State;

i – Index which represents each State (from 1 to 27);

K – Index which represents the number of explanatory variables;

x_{Ki} – Explanatory variable K of State i;

β_K – Parameter to be estimated for each explanatory variable K;

β_0 – Intercept;

μ_i – Residue of the State index i.

The value $\hat{y}_i$ calculated by this equation, estimates the actual value y_i of potential ICMS revenue for each State. The difference between the estimated and the actual value is represented by a residue μ_i. Therefore:

$$\mu_i = y_i - \hat{y}_i$$

where,

$\hat{y}_i$ - Estimated value of potential ICMS revenue of each State;

y_i - Actual value of ICMS revenue of each State;

μ_i - Residue of the State index i.

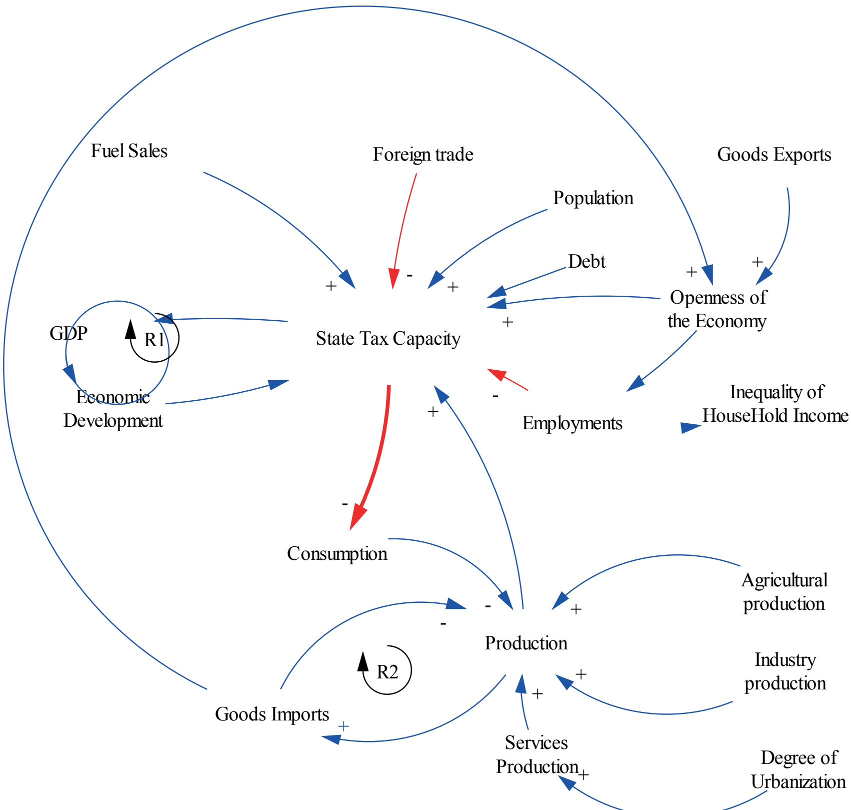


Figure 1: ICMS Causal Loop Diagram

A vector of β parameter (one parameter β_K for each explanatory variable) must be chosen to make the smallest possible error in the estimation of the ICMS potential revenue y_i. The estimations of $\hat{\boldsymbol{\beta}}$ is accomplished by solving a set of overdetermined normal equations, which have the following solution:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}} = (X^T Y)^{-1} X^T Y$$

where,

$\mathbf{X}_{27 \times (K+1)}$ is the design matrix with all measured values of the explanatory variables. The lines correspond to the index of each State, and the columns correspond to the index of each explanatory variable.

$\mathbf{Y}_{27 \times 1}$ is the column vector with measured values of ICMS revenue of each State.

$$Y_{27x1} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{y1} \\ \boldsymbol{y2} \\ \dots \\ \boldsymbol{y27} \end{bmatrix}$$

After the estimation of β parameters, the following tests were applied:

1) **Reset Test** of Ramsey regression specification error, as in Wooldridge (2010), especially for omission of variables. This test includes quadratic and cubic terms in the model, and it verifies if the coefficients of these terms are significant, via F test:

Ho: $\beta_5 = \beta_6 = 0$

H1: $\beta_5 \neq 0$ or $\beta_6 \neq 0$

If Ho is rejected, the model is poorly specified.

2) **Breusch-Pagan Test** of heteroscedasticity, as in Wooldridge (2010). This test checks if the variance is affected by some independent variables (μ^2 x β) via F test:

Ho : $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = ... = 0$

Ho is the null hypothesis of homoscedasticity.

3**) Variance Inflation Factors (VIF)** where values above 10.0 may indicate a multicollinearity problem, as pointed by Miloca S. and Conjo P. (2011). If a variable is a linear combination of others, the fit degree R^2 tends to 1.0, since VIF is given by:

$FIV = 1/(1-R^2)$

if $R^2 \rightarrow 1$, $FIV \rightarrow \infty$

In this study, Gretl and Vensim software packages were used for analysis and selection of the most appropriate model in statistical terms, as well as for running the tests presented above.

4 I ANALYSIS OF SOCIOECONOMIC VARIABLES

Several socioeconomic variables were collected for all Brazilian States, which may serve as explanatory variables to estimate the potential ICMS tax capacity for the year 2014. Table 1 consolidates this information.

Figure 2 presents a preliminary graphic analysis of ICMS, the dependent variable of the model. A compensation factor of 1/3 was applied to ICMS data from São Paulo State, to avoid distortions. São Paulo is clearly an outlier, with production index and tax revenues way beyond the Brazilian average. The same compensation factor will be applied to the variable population and to all those variables related to the economic performance of São Paulo (GDP, Ag_P, Ind_P, Serv_P, Fuel, X and M).

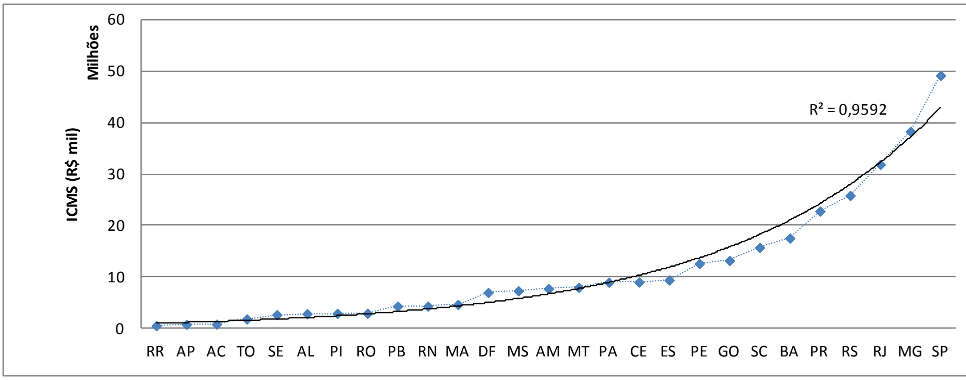


Figure 2 – ICMS revenue 2014 in R$ billions versus Brazilian States ordered by ICMS revenue, considering one third of São Paulo ICMS revenue.

From Figure 2, the ICMS revenue curve of Brazilian States follows an exponential trend with degree of adjustment R^2 of 0.96. Then the variable logarithm will be used for the linearization of the model.

Variables	Initials	Units	Source
Goods and Services Tax	GST	R$ (thousands)	CONFAZ
Gross Domestic Product	GDP	R$ (millions)	IPEA/IBGE
Economically Active Population	EAP	Individuals	IBGE
Agricultural Product	Ag_P	R$ (millions)	IBGE
Industry Product	Ind_P	R$ (millions)	IBGE
Sevice Product	Serv_P	R$ (millions)	IBGE
Gini Index	Gini	Index	IBGE
Fuel Sales	Fuel	m^3	ANP
Exports	X	US$ (thousands)	BCB/MDIC/Secex
Imports	M	US$ (thousands)	BCB/MDIC/Secex
Formal Jobs	FJ	Units	BCB/TEM
Default Rate	DR	Percentage	BCB
Average Monthly Income	Income	R$	IPEADATA/PNAD/IBGE

Table 1 – Socioeconomic variables to estimate potential ICMS tax capacity.

The correlation level between the dependent variable (ICMS) and each explanatory variable was studied. Table 2 shows the values of linear correlation (LC), which serves as an indication of what variables should be included in potential tax capacity models.

Variables	LC
Serv_P	0,98
GDP	0,97
Fuel	0,97
Ind_P	0,92
EAP	0,92
M	0,89
X	0,86
Income	0,60
Agr_P	0,58
FJ	0,50
DR	-0,41
Gini	-0,16

Table 2 – Linear correlation between ICMS and explanatory variables represented by their initials according to Table 1.

The linear correlation values vary in magnitude between 0,16 and 0.98. The positive sign points to a direct linear correlation while the negative sign for an inverse linear correlation. All variables will be regarded as potential explanatory variables in the ICMS tax capacity models.

Table 2 shows that the relationship between ICMS and variables which indicate economic performance were positive and high, above 0.85, except for Agriculture Product (Ag_P). For illustration purpose, Figure 3 shows the relationship between ICMS and industry product (Ind_P) with positive linear correlation of 0,92. This positive relationship was expected, as pointed out by Varsano et al (1998).

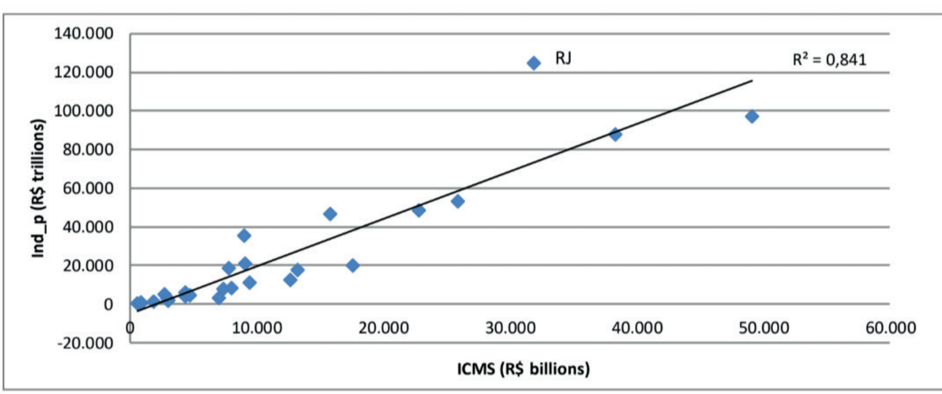


Figure 3 – Industry product (Ind_P) in R$ trillions versus ICMS in R$ billions of Brazilian States. The blue points are observations for each State. The continuous line represents a linear model adjusted to the observations with $R^2 = 0,841$. Notice that Rio de Janeiro State is an outlier.

Rio de Janeiro State is an outlier in the relationship between ICMS and Industry Product, due to the oil production industry. Although the State is a major oil producer, taxation is at destination in interstate operations with lubricants and oil fuels, according to the Brazilian Federal Constitution. Thus, ICMS is charged where consumption occurs, which induces a gap between industry product and ICMS revenue in Rio de Janeiro.

The curves of variables related to economic activity plotted against Brazilian States ordered by ICMS revenue follow an exponential trend, which suggests the use of logarithm of these variables to obtain linear relationships in the estimation models of potential ICMS tax capacity. All these variables, with the exception of Agriculture Product, have good explanatory power of the dependent variable ICMS, since the values of fit degree R2 are above 0.75.

The level of linear correlation among the variables that are indicative of economic activity was also studied and a high correlation was found, as expected. Thus, the models will contain only one indicative variable of economic activity to avoid collinearity between explanatory variables, respecting this classic hypothesis of the method.

The Economically Active Population (EAP) also has a strong correlation to ICMS, with correlation index of 0.92. The positive relationship is obviously expected: the larger the population, the greater the tax capacity, as cited by Varsano et al (1998). The EAP curve has also an exponential behavior, shown in Figure 4, also indicating the use of its logarithm for the linearization of the estimation model.

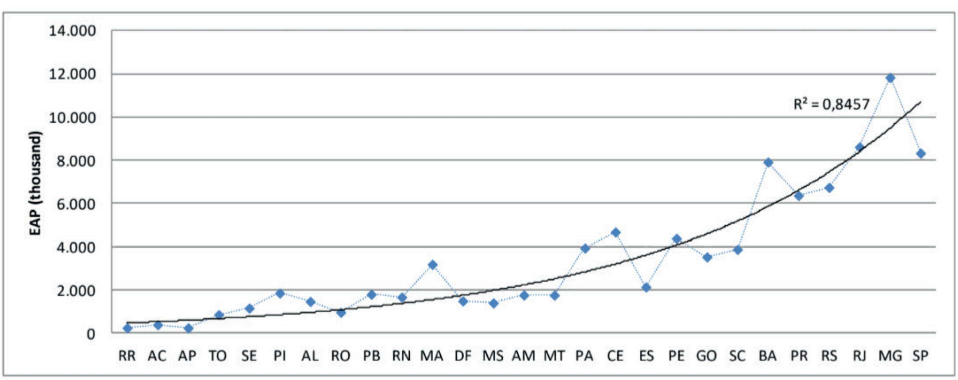


Figure 4 – Economically Active Population (EAP) in thousands of individuals versus Brazilian States ordered by ICMS revenue. The blue points represent the observations for each State. The continuous line represents an exponential model adjusted to the observations with R^2 = 0,846.

The degree of adjustment R^2 of 0.84 of ICMS versus EAP indicates a good explanation power of EAP variable in the ICMS potential estimation model, as shown in Figure 5.

Gini index measures the degree of inequality in the distribution of per capita household income among individuals. Its value can vary theoretically from zero, when

there is no inequality, to one when inequality is maximum. The correlation coefficient found between ICMS and Gini index is -0.16, indicating an inverse relationship between these two variables.

There is a positive linear correlation of 0.86 and 0.89 between ICMS and export (X) and import (M) variables, respectively, as shown in Table 1, despite the Complementary Law No. 87/1996, known as Kandir Law. Although this Law exempts from taxation goods and services for export, increase in ICMS revenue following both exports and imports was observed. This positive correlation is probably due to the direct effects of imports and secondary effects of exports, moving the economy, creating jobs and increasing income to purchase goods.

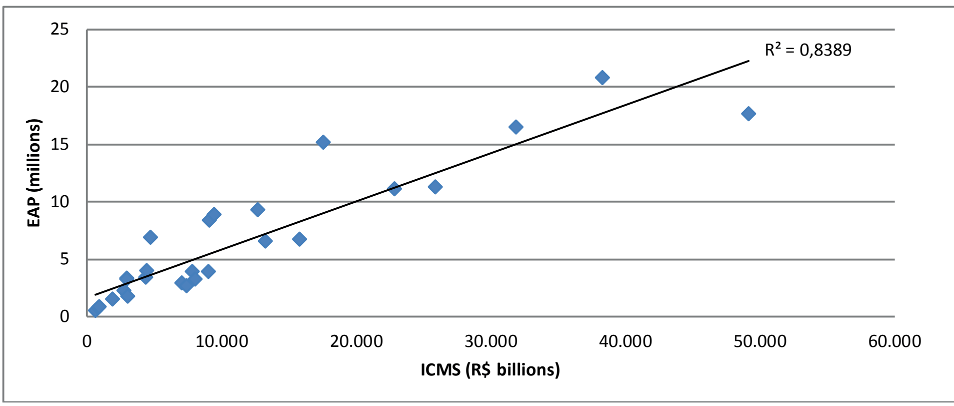


Figure 5 – Economically Active People (EAP) in millions of individuals versus ICMS in R$ billions of Brazilian States. The blue points are the observations for each State. The continuous line represents a linear model adjusted to the observations with R^2 = 0,8389.

Varsano et al (1989) argue in favor of an inverse relationship between potential ICMS revenue and trade balance, and consequently exports. On the other hand, Vasconcelos et al (2006) point out that international trade is an important source of income, especially in developing countries.

There is a good degree of adjustment between ICMS and foreign trade variables, with R^2 greater than 0.75. In addition, X and Y curves tend to a 2nd degree polynomial equation, suggesting the use of square root of these variables in order to linearize the models. Figure 6 illustrates the curve of Imports (M).

The variable of formal jobs generated in the year (FJ) is the difference between admissions and layoffs in 2014. This variable is an indirect indicator of economic performance and therefore establishes a positive correlation with ICMS of 0.50. However, the ICMS versus FJ showed a degree of adjustment R^2 of less than 0.5, indicating that FJ has a low explanation power in the ICMS estimation model.

According to Table 1, the variable default rate on credit operations (DR) has a

negative correlation with ICMS of -0,41, indicating an inverse relation. The negative sign of this correlation was expected, since the default rate is an indicative, in reverse, of family income and its consumption power.

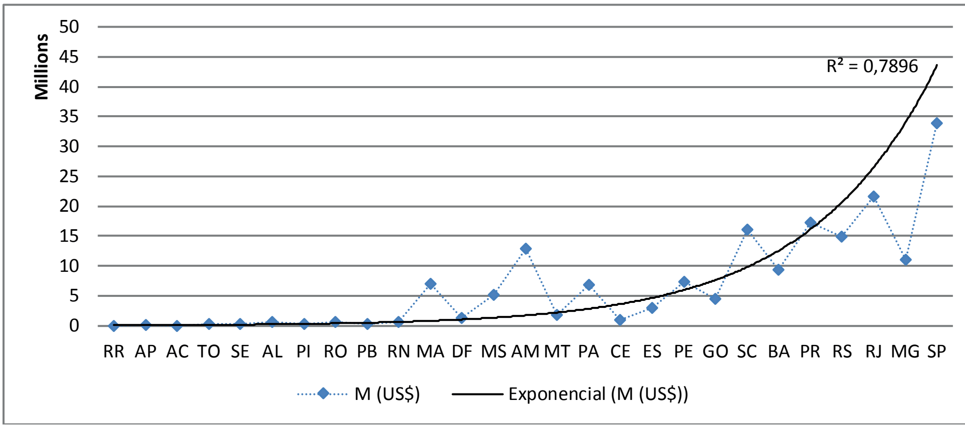


Figure 6 – Imports of goods (M) versus Brazilian States ordered by ICMS revenue. The blue points are the observations for each State. The continuous line represents a 2nd degree polynomial model adjusted to the observations with R^2 = 0,7896.

5 I SELECTION OF ICMS TAX CAPACITY MODEL

Several models have been tried with Gretl program (Cottrell and Lucchetti, 2016), including the explanatory variables described in the previous section, and containing only one variable of economic performance. The goal in any attempt was to obtain a model that contains all significant variables to at least 10%, expected signs and satisfactory behavior in Reset, Breush-Pagan and collinearity tests.

The F statistic showed significance at 1% of the set of variables in all tested models, indicating that the set of explanatory variables can effectively be used to estimate the dependent variable (ICMS). However, only three models were able to meet the conditions placed above. The selected model incorporates three significant variables: Gross Domestic Product (GDP), population (EAP) and Gini coefficient (Gini). These variables demonstrated statistical significance at a level of at least 1% and exhibited the expected signs. The model showed good fit and good results in all tests. Since there is more the one model that presented good results in all statistic tests, this one was selected using the Akaike, Shwarz and Hannan-Quinn criteria. Table 3 presents the selected model.

ln(ICMS) = 4,768 +0,762* ln(GDP) + 0,234* ln(EAP) - 2,7348* (Gini)				
n = 27 observations (Brazilian states)				
	coefficient	**standard error**	**t satistics**	**p-value**
const	4,76842	0,730709	6,526	1,17E-06
l_GDP	0,761815	0,0692918	10,99	1,24E-10
l_EAP	0,233736	0,0773604	3,021	6,10-03
Gini	-2,73481	0,932574	-2,933	7,50E-03
R^2 adjusted	0,982145			
F(3,23)	477,7343	**p-value (F)**	7,52E-21	

Table 3 – Selected Model for Potential ICMS Tax Capacity Estimation

6 I RESULTS

The Tax Effort Index (TEI) was calculated from the estimated ICMS tax capacity. The largest deviations obtained between actual and estimated ICMS are reflected in this index since it is defined as the ratio between effective and potential ICMS. Figure 8 shows TEI curve for Brazilian States, whose index values range between 0.80 and 1.41. Index values below 1.0 indicate that States can increase its ICMS revenue, while values above 1.0 indicate that States collect higher revenue than what would be expected from their bases.

Figure 7 shows the comparison between logarithm values of effective ICMS and ICMS values estimated by the selected model. The estimation has an average deviation of 0,01% from the logarithm of effective ICMS, which corresponds to 0,99% from the effective ICMS.

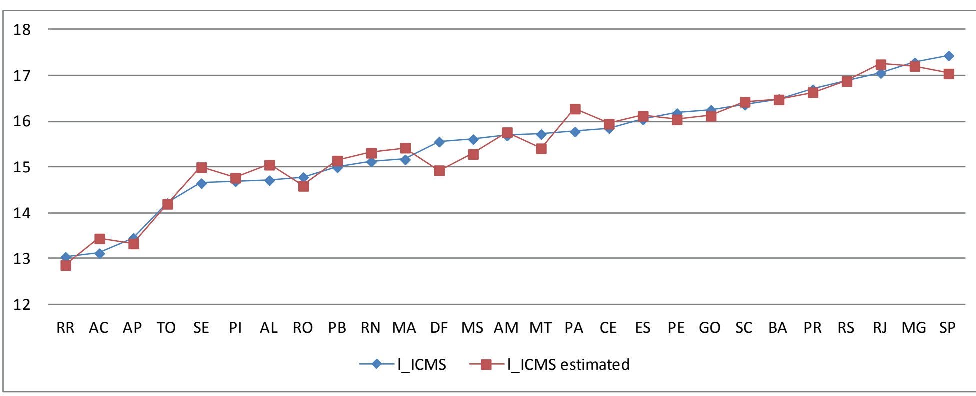


Figure 7 – Comparison between logarithm of effective ICMS (in blue) and logarithm of ICMS values estimated by the model (in red).

Table 4 presents the effective and the potential ICMS tax revenue (year 2014) predicted by the econometric model which includes Gross Domestic Product (GDP), Economically Active Population (EAP) and Gini Index, as well, the Tax Effort Index for the 27 Brazilian States. Figure 8 shows the Tax Effort Index for the set of Brazilian States to help visualize their behavior.

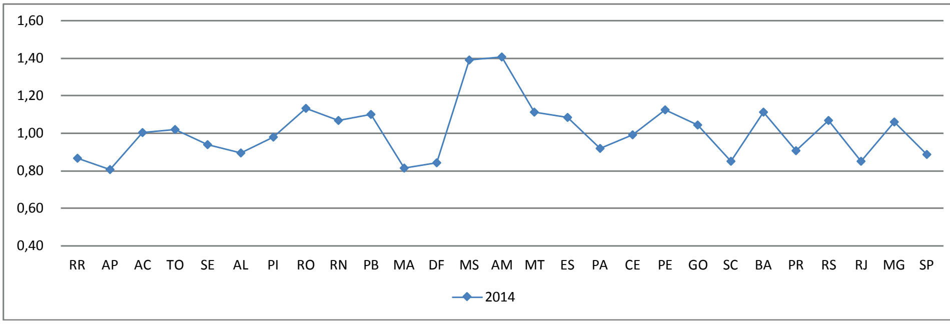


Figure 8 – Tax Effort Index of Brazilian States (base year 2014).

UF	ICMS revenue (R$ thousand)		Tax Effort Index
	Effective	Potential	
AP	861.450	1.070.925	0,80
MA	4.715.626	5.780.039	0,82
DF	7.031.138	8.357.760	0,84
SC	15.769.833	18.567.402	0,85
RJ	31.886.537	37.425.693	0,85
RR	606.921	698.763	0,87
SP	122.836.140	138.736.045	0,89
AL	2.927.852	3.265.054	0,90
PR	22.815.805	25.187.339	0,91
PA	9.067.286	9.853.340	0,92
SE	2.732.000	2.902.787	0,94
PI	2.979.359	3.034.906	0,98
CE	9.455.729	9.539.847	0,99
AC	896.908	892.783	1,00
TO	1.894.720	1.857.080	1,02
GO	13.252.854	12.711.632	1,04
MG	38.288.044	36.112.911	1,06
RS	25.854.212	24.226.969	1,07
RN	4.389.457	4.109.319	1,07
ES	9.025.731	8.306.675	1,09
PB	4.391.930	3.996.106	1,10
MT	8.038.089	7.232.896	1,11
BA	17.575.936	15.794.274	1,11
PE	12.659.801	11.263.545	1,12
RO	3.006.652	2.653.030	1,13
MS	7.366.784	5.294.727	1,39
AM	7.788.737	5.537.286	1,41

Table 4 – ICMS effective e potential, Tax Effort Index

According to Table 4, 14 States achieved a TEI equal to or above 1.0, indicating a higher tax effort, while12 States had a TEI below 1.0, indicating a relatively lower tax effort. Amazonas and Mato Grosso do Sul presented the highest TEI of 1.41 and 1.39, respectively. On the other hand, Amapá, Maranhão and Distrito Federal presented the smallest TEIs of 0.80, 0.82 and 0.84, respectively.

On the other hand, Distrito Federal presented a low TEI de 0.84 due to the size of the public sector, which responds for about 40% of its economic activity and it is not in the incidence field of the ICMS taxation.

These econometric analyses give insights to produce the following stock and flow diagram to represent the variables and their interrelation. The diagram shown in Figure 9 considers the actual structure of the model, including stocks, flows, estimated parameters and external inputs [Sterman, 2000].

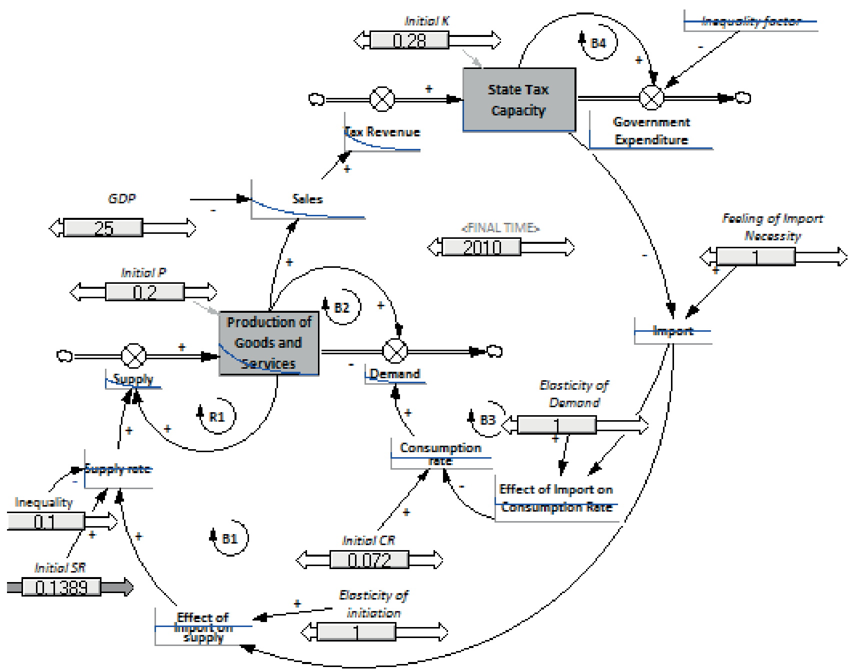


Figure 9 - Stock and Flow Diagram of the state tax capacity problem

More supply explains the production of goods and services, which induces an increase in sales and in state tax capacity. The demand is also based on the total amount of goods and services available, on the size of population and on consumption rate. The last one is influenced by imports and by state tax capacity itself, as a consequence of the openness of the economy.

CONCLUSION

Measuring the structural potential tax capacity based on the socioeconomic characteristics of state or country is not a straightforward task. It requires characterizing the tax base by considering various factors, such as the capacity of tax contribution (GDP and population), composition of the economy (products form different sectors), foreign trade, degree of urbanization and other relevant variables. These factors need to be incorporated into models that aim to estimate state or country tax capacity.

This paper examined a comprehensive set of variables that might explain tax capacity, including GDP, sector products and fuel sales variables used to measure economic performance. Exports and imports of goods were used to measure the degree of openness of the economy. As far as socioeconomic parameters, besides size of population widely used, number of formal jobs, default rate on credit operations, Gini index of income inequality and finally, a proxy of private sector were adopted.

The preliminary study of the dependent variable (ICMS) and the behavior of potential explanatory variables were very useful for building models. This study consisted of a graphical analysis of variables for the set of States, verifying trends and presence of outliers. In the case of ICMS variable, for example, exponential trend was observed, as well as presence of an outlier that would be São Paulo revenue, which is far higher than the other state revenues. Thus, measures were taken to correct possible distortions that could happen, such as using ICMS logarithm aimed the variable linearization, and employing a third of São Paulo ICMS revenue. It was also found exponential behavior of GDP, population, sector products and fuel sales, indicating the use of these variables logarithm as well. Regarding trade variables, it was found quadratic trend, indicating the use of these variables square root.

Additionally, analysis of correlation level and signs between ICMS and explanatory variables was important to select which variables had power to explain it and had the expected signs. Thus, positive and over 0.8 correlations were found between ICMS and GDP, population, industry and service products, fuel sales, exports and imports. Negative and between 0.5 and 0.8 correlations were found between ICMS and Gini index, and positive between ICMS and formal jobs and agriculture product. Finally, low correlations below 0.2, negative and positive, were found between ICMS and default rate and private sector proxy, respectively.

On the other hand, high levels of correlation between independent variables possibly introduced collinearity issues in models. In this study, it was observed a high degree of correlation among the variables that were indicative of economic activity, leading the use of only one variable of this group in the estimation models.

Several models using the method of OLS in Gretl were tested. In general, it was obtained a good degree of fit in almost all models tested and they all showed significance of

the set of variables using the F test. However, few models presented all variables significant at least 10%, in addition to be simultaneously successful in Reset test for good model specification, Breusch-Pagan test for heteroscedasticity and collinearity test.

Choosing the best model should be based on objective criteria, for example, containing all statistically significant variables, expected signs of coefficients and good degree of adjustment, besides meeting the requirement tests and the classic assumptions of the OLS method. It should be taken into account the principle of parsimony in all cases to choose the simplest model that still meets the requirements. According to that, the selected model was one that explains ICMS logarithm by industry product logarithm and population logarithm.

The results of the potential tax capacity analysis were used to calculate the Tax Effort Index (TEI) for Brazilian states. The highest TEI values were observed in Amazonas (1.41) and Mato Grosso do Sul (1.39). These states exhibited exogenous factors that positively influenced their index, as previously discussed in relation to their economic base. On the other hand, the lowest TEI values of 0.80, 0.82, and 0.84 were observed in the states of Amapá, Maranhão, and Distrito Federal, respectively. This can be attributed to the fact that certain significant economic activities in these states, particularly in the case of the Distrito Federal, are not subject to ICMS legislation, as previously mentioned.

The Tax Effort Index is a useful tool for analyzing fiscal performance, which allows comparisons between countries or states. It can even be considered for feasibility studies of tax burden raising or even as a guide to tax enforcement actions. However, TEI should not be used mechanically as an absolute truth. Its calculation is linked to econometric models' estimation, which always requires additional analysis and verification of results.

Finally, the present econometric study was based on cross section data for the set of Brazilian states. For further studies, it is desired to include time dimension by using panel data to establish a more adjusted comparison with the result from SD model.

REFERENCES

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Economia Regional.** Available in: <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries >. Access in: 10 Nov. 2015.

BAHL, R. W. A Regression Approach to Tax Effort and Tax Ratio Analysis. **IMF Staff Papers**, Washington, v. 18, n. 3, p. 570-612, Nov. 1971.

CAFÉ, P. F. M. **Reforma Tributária: Panorama Internacional e Aspectos Quantitativos. 2003**. 111 f. Dissertation (Master's Degree in Economcs) – Economy Departament, Universidade de Brasília, 2003.

CAFÉ, P. F. M. Um Estudo do Potencial de Arrecadação do ICMS e do Índice de Esforço Fiscal dos Estados Brasileiros. **Caderno de Finanças Públicas**, Brasília, n. 11, p. 5-296, Dec. 2011.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, C. C. R. de; CARVALHO, A. C.. Desigualdades Inter-Regionais, Capacidade Tributária e Esforço Fiscal dos Estados da Amazônia (1970-2000): uma abordagem econométrica de fronteira estocástica. **Novos Cadernos NAEA**, [S.I.], v. 10, n. 2, p. 5-44, Dec. 2007.

CHELLIAH, R. J. Trends in Taxation in Developing Countries. **IMF Staff Papers**, Washington, vol. 18, n. 2, p. 254-331, Jul. 1971.

CONFAZ - CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA. **Boletim do ICMS**. Available in: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/boletim-do-icms>. Access in: 25 Jun. 2015.

COTTRELL, A and LUCCHETTI, R, "Gretl User's Guide: Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library"; <http://gretl.sourceforge.net/gretl-help/gretl-guide.pdf>, Access in: 1 Mar., 2016

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema de Contas Regionais.** Available in: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2013/default.shtm>. Access in: 25 Jun. 2017.

_______. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. População.** Disponível em: < http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=25&i=P&c=3153>. Access in: 8 Nov. 2017.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Base de dados Regional. Contas Regionais.** Available in: http://www.ipeadata.gov.br/. Access in: 20 Jan. 2017.

_______.**Base de dados Social. Renda Nível: Estados.** Disponível em: http://www.ipeadata.gov.br/. Access in: 25 Fev. 2016.

MANN, A. J. Economic Development and Tax Structure Change: Mexico, 1895-1975. **Public Finance Review**, [S.I.], v. 8, n. 3, p. 291-306, Jul. 1980.

MARINHO, E. L. L.; MOREIRA, A. F. Esforço Fiscal e Carga Tributária Potencial dos Estados do Nordeste. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 30, special n., p. 634-651, Dez. 1999.

MILOCA, S. A.; CONEJO P. D. Multicolineariedade em Modelos de Regressão. In: XXII SEMANA ACADÊMICA DA MATEMÁTICA, 2008, Cascavel. **Anais eletrônicos...** Cascavel: Unioeste, 2008. Available in: <https://www.ime.usp.br/~yambar/MI404Metodos%20Estatisticos/Aula%208-9%20Regress%E3o%20mult%20dim/inete%20adicional%20-%20multicolinearidade%20em%20modelos%20de%20regressao.pdf> Access in: 8 Fev. 2016

PIANCASTELLI, M. Measuring the Tax Effort of Developed and Developing Countries. Cross Country Panel Data Analysis, 1985/95. **Texto para Discussão IPEA**, Rio de Janeiro, n. 818, p. 1-18, Set. 2001. Available in: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/ingles/dp_103.pdf> Access in: 25 Sep. 2015.

PRADO, S. R. R. do. A "questão federativa" no Brasil: ampliando a agenda. In: PISCITELLI, R. B. et al. **Reforma tributária:** a costura de um grande acordo nacional. São Paulo, Editora Atlas, 2009. chap. 5, p. 170-181.

REIS, E. J.; BLANCO, F. A. Capacidade Tributária dos Estados Brasileiros, 1970/90. **Texto para Discussão IPEA**, Rio de Janeiro, n. 404, p. 1-26, Fev. 1996. Available in: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_0404.pdf>. Access in: 30 Jan. 2016.

SECRETARIA DE FAZENDA DE ESTADO DO DISTRITO FEDERAL. **Arrecadação de Origem Tributária do Distrito Federal.** Gerencia de Estudos Econômicos e Política Fiscal, Dec. 2014.

SECRETARIA DO TESOURO NACIONAL. **Estimativa da carga Tributária Bruta do Governo Geral 2021.** Disponível em: < https://sisweb.tesouro.gov.br/apex/f?p=2501:9::::9:P9_ID_PUBLICACAO:43205#:~:text=Em%202021%2C%20a%20carga%20tribut%C3%A1ria,PIB%20em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20a%202020.> Acesso em: 23/03/2023.

SHIN, K. International Difference in Tax Ratio. **The Review of Economics and Statistics**, Massachusets, v. 51, n. 2, p. 213-220, May 1969.

Sterman, J. (2000). Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world, Irwin McGraw-Hill.

TAIT, A. A.; GRATZ W. L. M.; EICHENGREEN, B. J.. International Comparisons of Taxation for Selected Developing Countries, 1972-76. **IMF Staff Papers**, Washington, v. 26, n. 01, p. 123-156, Mar. 1979.

VASCONCELOS, J. R. de; PIANCASTELLI, M.;MIRANDA, R. B. Esforço Fiscal dos Estados Brasileiros. **Texto para Discussão IPEA**, Brasília, n. 1045, p. 1-39, Set. 2004. Available in: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1045.pdf>. Access in: 30 Set. 2015.

VARSANO, R. et al. Uma Análise da Carga Tributária no Brasil. **Texto para Discussão IPEA**, Rio de Janeiro, n. 583, p. 1-55, Aug.. 1998. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_0583.pdf. Access in: 07 Fev. 2016.

Ventana Systems. (2015). Manual of Vensim version 5. Retrieved from http://www.vensim.com/

VIOL, A. **A Definição e o Cômputo da Arrecadação Potencial. Análise do Potencial Econômico-Tributário e de seus Condicionantes**. In: Assembleia Geral do Centro Interamericano de Administrações Tributárias (CIAT), 40.: Florianópolis, Apr. 2006.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à Econometria:** Uma Abordagem Moderna. 4 ed. São Paulo: Cencage Learning, 2014. 701 p.

MEDIAÇÃO TECNOLÓGICA NO ENSINO REMOTO DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19

Data de aceite: 01/08/2023

Luís Cláudio Dallier Saldanha
Universidade Estácio de Sá

1 I INTRODUÇÃO

O ensino remoto foi a resposta educacional à suspensão das atividades pedagógicas presenciais em virtude do distanciamento social imposto pela pandemia da Covid-19 no período de 2020 a 2021.

No Ensino Superior, prevaleceram as soluções tecnológicas baseadas em plataformas de videoconferência e o uso de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), com o predomínio de comunicação síncrona nas atividades pedagógicas não presenciais, pois o caráter emergencial do ensino remoto conduziu a uma transposição da aula presencial para o ambiente digital.

Algumas instituições que já possuíam experiência com a educação a distância (EAD) e o ensino híbrido se valeram de infraestrutura tecnológica, uso intensivo de tecnologia, conteúdo digital e metodologias mais apropriadas para oferecerem tanto aulas em tempo real quanto oportunidade de desenvolvimento de atividades pedagógicas em ambientes virtuais.

Nesse contexto, se mostrou pertinente investigar as implicações da total dependência da mediação tecnológica para a continuidade das aulas e demais atividades pedagógicas durante a pandemia de Covid-19.

Neste trabalho, é apresentada uma síntese da análise dos dados de 66 instituições de ensino superior no Brasil, reunidas sob a gestão de um mesmo grupo econômico, acerca da mediação tecnológica na implantação do ensino remoto.

Trata-se, assim, dos resultados de uma pesquisa documental, analisando as implicações das tecnologias da informação na educação no contexto do ensino remoto.

Este trabalho foi, originalmente, apresentado na 17th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (Saldanha, 2022). Ele está organizado a

partir desta seção, que apresenta a introdução, seguida por uma fundamentação teórica do ensino remoto e da tecnologia da informação na educação, para na sequência tratar dos aspectos metodológicos e dos resultados da pesquisa sobre o investimento e uso de tecnologias por parte das instituições de Ensino Superior do Grupo YDUQS.

2 I ENSINO REMOTO E MEDIAÇÃO TECNOLÓGICA

2.1 O Ensino Remoto

As expressões *ensino remoto*, *ensino remoto emergencial* (ERE) e *ensino e aprendizagem remotos emergenciais* (EARE) são recorrentes na literatura recente para denominar e descrever as atividades pedagógicas não presenciais durante a pandemia de Covid-19.

Inicialmente, Hodge et al. (2020) defenderam a oposição ou distinção do *ensino remoto emergencial* (ERE) em relação à aprendizagem *online* ou educação a distância, enquanto outros autores, como Davis (2020) entenderam o ensino remoto como equivalente à aprendizagem *online*.

As diferenças entre ensino retomo e educação a distância ou *e-learni*ng acabaram por prevalecer na recente literatura sobre o tema, com poucos trabalhos ainda discordando dessa oposição ou distinção.

Em parte, a oposição entre ensino remoto e educação a distância teve como justificativa a necessidade de se preservar a reputação da modalidade educacional a distância. A educação a distância não teria improvisação, concepção e fundamentação pedagógicas frágeis e ausência de metodologia adequada ao perfil do aluno. Esse esforço em distinguir ERE de EaD seria uma forma de minimizar o impacto causado à imagem da modalidade a distância em virtude do caos que se instalou na implantação do ensino remoto no começo da pandemia de Covid-19, conforme aponta Bagglaey (2020).

A distinção entre ensino remoto e educação a distância, também seria motivada pelo fato de as instituições privadas de ensino superior cobrarem mensalidades menores para os cursos a distância, enquanto o ensino remoto teria custos maiores por envolverem professores que atuavam ministrando aulas síncronas.

As diferenças do ensino remoto em relação à educação a distância poderiam ser sintetizadas em pelo menos três aspectos: a) o caráter emergencial ou a provisoriedade do ensino remoto; b) a transposição das aulas presenciais para ambientes virtuais; e c) a prevalência de comunicação síncrona por meio da transmissão de videoaulas ou palestras.

As diferenças da educação a distância em relação ao ensino remoto, por sua vez, poderiam ser sintetizadas nos seguintes aspectos: a) fundamentação didático-pedagógica própria; b) *design* educacional próprio aplicado aos conteúdos e às atividades; c) modelo pedagógico e metodologias adequados ao perfil dos alunos; d) alunos familiarizados com a metodologia e os recursos tecnológicos; e) orientação e acompanhamento dos alunos por

meio de tutorial (Beahar, 2020).

Veloso e Mill (2022) não identificam uma oposição entre ensino remoto e educação a distância, pois os aspectos que distinguem essas duas modalidades ou configurações educacionais não seriam maiores do que os elementos que são comuns ao ensino remoto e à educação a distância. Além da forte dependência da tecnologia, o ensino remoto guardaria uma proximidade com a educação a distância ou educação online porque em ambas as situações professores e alunos estão fisicamente separados e o processo de ensino-aprendizado se dá por mediação tecnológica.

Também em ambas as situações educacionais pode haver alternância de comunicação síncrona e assíncrona, uso de ambientes virtuais e, também, de aplicativos ou funcionalidades de videoconferência. A predominância da comunicação síncrona ou a prevalência de plataformas de videoconferência no ensino remoto, por exemplo, apenas configuraria um modelo de educação online e não, necessariamente, algo que escapasse da educação online.

Além disso, com o prolongamento ou recorrência das medidas de distanciamento social, as instituições educacionais acabaram por planejar o ensino remoto ou a transição para um ensino híbrido, além de desenvolverem metodologias e conteúdos para essa situação ou mesmo adquirirem material didático produzido para o contexto do ensino híbrido ou remoto.

Assim, seja compreendendo o ensino remoto como modalidade própria ou como um dos modelos de educação online ou a distância, não se pode negar as especificidades das atividades pedagógicas ao longo da pandemia de Covid-19.

2.2 Tecnologia da Informação e Educação

O uso da tecnologia na educação não se reduz aos sistemas de informação ou à era das tecnologias digitais. Numa acepção mais ampla, a tecnologia está presente na educação desde o uso dos livros e materiais impressos, do quadro negro, do giz ou mesmo do lápis ou caneta. A tecnologia na educação vai além de computadores e dispositivos digitais móveis, conforme adverte Dusek (2009).

Isso não diminui o impacto e a revolução que as tecnologias digitais promoveram nos processos educacionais. O que é necessário é reconhecer a presença da tecnologia na mediação pedagógica desde muito tempo.

Assim, o uso da tecnologia no ensino remoto durante a pandemia de Covid-19 também pode ser vinculado à história das tecnologias na educação e ao reconhecimento de que há lições a serem aprendidas com experiências anteriores.

Watters (2021) argumenta que muitas inovações propagadas pelas *edtechs* remetem a uma origem histórica relacionada com projetos e experiências apresentados entre os anos 1920-1950.

A infraestrutura em tecnologia da informação (TI) e o uso de diversos recursos tecnológicos têm permitido não somente o ensino-aprendizagem em situações nas quais professores e alunos estão em espaços separados e tempos diferidos, mas, também, têm promovido práticas pedagógicas alternativas ou mais interativas em todas as modalidades e modelos educacionais.

Conforme pontua Canole (2010), as novas tecnologias digitais vêm se tornando mais participativas, abertas e voltadas para os usuários, o que permite potenciais explorações e usos no contexto educacional.

Freitas e Canole (2010) já identificavam tendências tecnológicas voltadas para experiências ubíquas e em rede, com a massificação dos dispositivos móveis e o desenvolvimento da Web; novas e diversificadas formas de representações e ambientes estimuladores; e uma infraestrutura de TI global, descentralizada e interoperável.

A tecnologia da informação, nesse cenário, se torna pervasiva e intregativa, o que implica não somente sua onipresença na vida de professores e estudantes, mas, também, o surgimento de demandas e possibilidades de sua apropriação e uso no contexto educacional formal.

As tecnologias digitais da informação e da comunicação não estão apenas vinculadas à produção e à disponibilização de conteúdos digitais em diferentes linguagens e mídias. Além do acesso a textos e videoaulas, as tecnologias têm possibilitado diferentes formas de representação de dados, conceitos, processos e fenômenos. As simulações, as animações e os *games* permitem experiências de aprendizado mais ampliadas e significativas. A realidade aumentada e a realidade virtual têm possibilidades efetivas de uso na educação.

Com os recentes avanços em termos de inteligência artificial na educação, a tecnologia também permite novas formas de planejamento pedagógico, personalização da aprendizagem, instrumentos e procedimentos de avaliação inovadores e gestão da aprendizagem.

Desse modo, a tecnologia vai além da sua função de garantir a interação entre alunos e professores ou o acesso a conteúdos na educação online, pois ela possibilita novas abordagens metodológicas tanto na educação presencial quanto a distância.

A tecnologia viabiliza, assim, a mediação ou diferentes formas de comunicação, interação e relacionamento no contexto dos processos educacionais e acadêmicos.

Desse modo, é possível se falar em mediação tecnológica nas práticas pedagógicas em qualquer modalidade ou configuração educacional, ainda que na história recente da educação a mediação tecnológica era uma demanda atendida principalmente na educação online. Este cenário, no entanto, mudou com o surgimento da pandemia de Covid-19.

3 I DEPENDÊNCIA E RESISTÊNCIA À TECNOLOGIA

3.1 A Dependência tecnológica

O distanciamento social durante a pandemia impôs aos cursos presenciais da Educação Superior no Brasil a dependência das tecnologias da informação na mediação pedagógica.

O imperativo da tecnologia não se deu apenas em termos de uso de uma plataforma digital ou um aplicativo para realização de aulas por videoconferência. Além da transposição das aulas presenciais para ambientes virtuais, houve a necessidade de se manter virtualmente as rotinas acadêmicas e outras atividades pedagógicas.

Num primeiro momento, parte das instituições de ensino superior no Brasil mantiveram suspensas todas as atividades acadêmicas por um tempo maior, chegando a alguns meses, o que foi mais recorrente entre instituiçoes públicas (Saldanha, 2021).

Outras instituições, em sua maioria privadas, retornaram às atividades em ambientes virtuais em intervalo de tempo menor, com maior ou menor grau de improvisação nas soluções encontradas, usando LMS (*Learning Management System*), que antes eram destinados a cursos na modalidade a distância, ou adotando pela primeira vez aplicativos de videoconferência.

A resposta tecnológica, inicialmente, esteve baseada quase sempre em plataformas ou aplicativos que possibilitavam a transmissão ao vivo de aulas expositivas, sem planejamento e um processo de *design* cuidadoso (Mattar; Loureiro; Rodrigues, 2020). Além disso, o relacionamento com os alunos e a manutenção de serviços e atividades acadêmicas tiveram alguma continuidade principalmente entre as instituições que já possuíam canais virtuais de relacionamento com os alunos por meio de aplicativos, o que permitiu contato mais próximo com o corpo discente e orientação quanto aos procedimentos da implementação das aulas remotas.

Assim, as instituições que já investiam no uso intensivo de tecnologia nas atividades pedagógicas e também na prestação dos demais serviços educacionais responderam à crise em menos tempo e com mais chances de eficiência nas medidas e procedimentos adotados (Saldanha, 2021).

Essas instituições tiveram, certamente, de ampliar o investimento em tecnologia, promovendo melhorias e o desenvolvimento dos sistemas de informação para responderem adequadamente ao aumento da demanda.

Entre as instituições que não tinham a experiência do uso intensivo de tecnologia no ensino presencial ou mesmo no relacionamento com os alunos na prestação dos serviços educacionais, a improvisação na resposta à crise da pandemia foi maior e, em vários casos, as instituições simplesmente mantiveram as atividades pedagógicas suspensas por alguns meses ou mesmo o semestre inteiro.

Ficaram evidenciadas a dependência tecnológica e a necessidade de investimentos

em TI no uso de tecnologias digitais tanto na educação a distância quanto na educação presencial, esta última assumindo uma configuração híbrida na pandemia.

3.2 Entre a resistência e a adesão à tecnologia

A necessidade do uso intensivo de tecnologias na educação durante a pandemia explicitou os posicionamentos e as tensões entre, por um lado, uma postura de resistência à tecnologia e, por outro, de adesão à tecnologia.

A discussão pode ser posta em termos de um conflito entre os que entendem a educação online a partir de uma comunicação e interação humanas viabilizadas pelas tecnologias e os que identificam na educação online uma automatização do ensino.

A fim de compreender este momento histórico olhando para experiências que no passado recente marcaram o início da educação a distância como educação mediada por tecnologias digitais, vale considerar brevemente o pioneirismo da educação a distância nos Estados Unidos a partir da experiência do filósofo da tecnologia Andrew Feenberg.

No início dos anos 1980, a EaD ainda se caracterizava pelo envio de material impresso aos alunos ou pela comunicação de mão única por meio do rádio, da televisão e de transmissões via satélite. A internet não era aberta ao público em geral e o correio eletrônico ainda estava restrito a empresas de computadores e algumas universidades que pesquisavam a nova tecnologia.

Feenberg (2015) afirma que a criação do primeiro programa de educação online aconteceu quanto os computadores eram ainda considerados como ferramentas de cálculo e de organização de dados, mas o seu uso na educação contribuiu para a reinvenção da tecnologia de computadores como um meio de comunicação.

Ao narrar sua experiência pioneira com a educação online, Feenberg entende que a invenção do *e-learning* teve como propósito “adicionar uma interface humana à educação a distância”, caracterizada até aquele momento pelo envio de material impresso aos alunos.

A experiência pioneira de Feenberg durou cerca de dez anos, caracterizada pela dificuldade inicial em superar limitações tecnológicas da época, como a necessidade de o aluno executar, sem qualquer falha, quase que uma página inteira de comandos apenas para entrar no sistema. Foi necessário criar um software próprio para viabilizar, por exemplo, atividades de interação assíncronas, como envio de mensagens.

Feenberg distingue sua experiência pioneira de educação online do interesse pela educação a distância em grande escala nos anos 1990, quando a crise de financiamento das universidades nos Estados Unidos motiva a adoção da tecnologia digital e da Internet na organização e oferta de cursos. A educação online que Feenberg vê florescer nas universidades é caracterizada por ele como busca pela automatização da educação por meio da internet, a fim de eliminar a interação na sala de aula presencial.

Feenberg lembra que David Noble, o historiador marxista da perda das competências

industriais, tornou-se o principal crítico da educação online, participando com ele de diversos debates políticos sobre as virtudes e os vícios do novo sistema.

De acordo com Feenberg, a consolidação da educação online enfrentou desafios em pelo menos duas frentes distintas: a crítica dos humanistas, que rejeitavam qualquer mediação eletrônica na educação, e a ambição dos tecnocratas em eliminar a atividade profissional dos professores.

Comum a essas duas frentes, contra as quais um projeto responsável de EaD deveria lutar, encontrava-se uma abordagem determinística que via a tecnologia como desumanizante ou oportunidade de uma educação mais rentável.

O contrário da visão determinística da tecnologia na educação, muitas vezes, é uma abordagem instrumentalista da tecnologia, em que a tecnologia é vista como uma ferramenta neutra que pode ser boa ou ruim a partir do uso que dela se fizer.

Numa perspectiva instrumentalista, deve-se aderir à tecnologia porque ela permite e incrementa a interação e as práticas de aprendizagem, principalmente nas experiências de educação online. O uso da tecnologia na educação seria algo inevitável porque a tecnologia representa a inovação e as novas formas de comunicação, portanto, não restaria a adesão à tecnologia.

Para além das alternativas de resistência pessimista ou de adesão otimista à tecnologia, é possível uma postura crítica que identifica tanto as possibilidades de ampliação quanto de redução da experiência educacional a partir da mediação tecnológica.

Tal atitude vigilante em relação à tecnologia reconhece as possibilidades e as limitações que a mediação tecnológica pode trazer.

Nesse sentido, a tecnologia é abordada a partir dos fins educacionais. A tecnologia não é um fim em si mesma porque os objetivos e projetos educacionais devem orientar seu uso.

Mas a tecnologia não é apenas um meio para atingir um determinado fim porque a própria tecnologia tem implicada nela mesma aspectos sociais, culturais e econômicos. Ou seja, ao se apropriar da tecnologia na educação, é preciso reconhecer que pode haver tensões entre aspectos culturais e sociais da tecnologia e o âmbito educacional.

Castañeda e Selwyn (2019) advertem que é preciso reconhecer a influência da indústria das tecnologias digitais e suas grandes corporações na política e no pensamento profissional sobre Ensino Superior. Eles ainda argumentam que a indústria continua gerando uma forte pressão para reformular e redirecionar a educação universitária, disfarçada em parte como supostas ajudas em tempos de crises.

Diante disso, os dados e indicadores relacionados com tecnologia e educação devem ser analisados desde uma postura crítica.

4 I MÉTODO E ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Procedimentos e dados obtidos

Para investigação do impacto e dos resultados da mediação tecnológica no ensino remoto, foi realizada pesquisa documental a partir dos dados produzidos por um dos maiores grupos educacionais do Brasil dedicado à Educação Superior.

Os relatórios e documentos analisados foram: Divulgação de resultados 1T20.; Divulgação de resultados 3T20; Divulgação de resultados 1T21; Divulgação de resultados 2T21 & 1S21; Ecossistema Yduqs; Unidades de Negócios.

Os dados foram obtidos a partir de relatórios e outros documentos que apresentam informações, indicadores e análises operacionais, acadêmicas e financeiras do grupo educacional nos anos de 2020 e 2021.

O grupo é identificado como YDUQS Participações S.A, sendo uma holding de tecnologia e serviços em educação que reúne entidades mantenedoras que, por sua vez, perfazem 66 Instituições de Ensino Superior (IES), distribuídas em 52 cidades, estando presente em todas unidades federativas do Brasil. Todas as IES são privadas e caracterizadas, conforme a legislação brasileira, como instituições com fins lucrativos.

O grupo está listado no Novo Mercado da B3 (Bolsa de Valores do Brasil) como YDUQ3 e, também, tem suas ADRs (American Depositary Receipts) negociadas no mercado norte-americano como YDUQY.

Sua base de alunos no início da pandemia, em março de 2020, era de 319 mil alunos em cursos presenciais e 314 mil alunos em cursos a distância (YDUQS, 2020a).

Desde 2018, a YDUQS vinha intensificando o investimento em tecnologia. Quase 50% dos investimentos da YDUQS foram destinados à transformação digital e a tecnologias habilitadoras.

Os procedimentos de rotinas acadêmicas e outras transações são realizadas digitalmente, com índice que ultrapassa os 80%, valendo-se de aplicativos tanto para o corpo discente quanto docente. Os aplicativos são disponibilizados em todas as lojas de aplicativos e, conforme o grupo educacional, estão entre os mais bem-avaliados.

Em seu ecossistema digital, a YDUQS avançou fortemente durante a pandemia em sua transformação digital, consolidando atendimento à comunidade acadêmica a partir de um modelo online a fim de otimizar o tempo e a experiência dos alunos. Implantou também uma nova Sala de Aula Virtual (SAVA) tanto para alunos de cursos presenciais quanto a distância.

Como parte da transformação digital e investimento em educação digital, dois meses antes do começo da pandemia, a edtech do grupo, a EnsineMe, já estava produzindo conteúdo digital em formato e metodologias inovadoras e inéditas.

Também pouco antes do início da pandemia, a YDUQS havia começado a desenvolver e implantar em seus cursos presenciais de graduação o modelo *Aura* de

Ensino. Trata-se de um sistema proprietário baseado em plataforma digital, metodologias ativas e conteúdos digitais de suporte ao professor e alunos na sala de aula. Um ano após a implementação, em maio de 2021, a aprovação dos alunos, conforme resultado de pesquisa interna, passava de 90% em relação aos conteúdos digitais (YDUQS, 2022).

No início da pandemia, no primeiro semestre de 2020, cerca de 300 mil alunos de cursos presenciais foram migrados para o ensino remoto, por meio de aulas digitais por meio da plataforma Microsoft Teams. Antes da pandemia, a maioria dos alunos de cursos presenciais já contava com acesso a ambiente virtual de aprendizagem, da Plataforma WebAula, onde encontravam conteúdos digitais que complementavam as aulas presenciais e obtinham acesso a bibliotecas virtuais. Nesse mesmo ambiente virtual eram cursadas as disciplinas online dos cursos presenciais

Com a pandemia e o ensino remoto, os alunos dos cursos presenciais passaram a ter, num primeiro momento, dois ambientes, a Plataforma Teams para acompanhar a transmissão das aulas síncronas e a Plataforma WebAula para acesso a conteúdos digitais, videoaulas gravadas e outros recursos assíncronos.

O intervalo de tempo entre a suspensão das aulas presenciais dos cursos de graduação e o início das aulas remotas para os cursos de graduação foi de 15 dias.

Após o primeiro semestre de 2020, com os alunos dos cursos presenciais estudando totalmente em ambiente virtual com aulas remotas pela plataforma Teams, a instituição apurou um índice de 83% de retenção, dados que foram celebrados por representarem um número de evasão abaixo do esperado. Em relação à matricula de novos alunos em cursos presenciais no segundo semestre de 2020, houve uma queda de 5,9% de alunos ingressantes, enquanto nos cursos a distância houve um aumento de 58% de novos alunos matriculados (YDUQS, 2020b).

Em 2021, no primeiro semestre, houve uma recuperação na base presencial e o número de alunos era de 299 mil.

Além de plataformas para as aulas remotas e conteúdo digital, os alunos dos cursos presenciais também contaram com a Plataforma BdQ (Banco de Questões) para a realização das avaliações durante a pandemia. A Plataforma já era utilizada anteriormente pelos alunos dos cursos presenciais e da modalidade a distância para realização de simulados ou exercícios. Durante o ano de 2020, foram realizadas na plataforma BdQ 4,7 milhões de provas e simulados virtuais

Além disso, no primeiro semestre de 2021, 43% da base total de alunos de cursos presenciais da YUDQS possuía acesso a conteúdos produzidos em 2020 pela edtech do grupo, a EnsineME. Cerca de 600 mil alunos da YDUQS, nas modalidades presencial e a distância, já possuíam o aplicativo da instituição em 2021 (YDUQS, 2021a, 2021b).

Ainda em 2021, a YDUQS adquiriu a Qconcursos, edtech voltada para preparação para processos seletivos, com o objetivo de avançar no ensino digital personalizado a partir de avaliações adaptativas. Desse modo, as diferentes instituições de Ensino da YDUQS

passaram a contar com várias opções de recursos tecnológicos, conforme apontado na Tabela I.

	1º semestre de 2020	1º semestre de 2021
Alunos matriculados em cursos presenciais	300.000	299.000
Plataformas	Teams WebAula BdQ	Teams WebAula SAVA BdQ
Aplicativos alunos	Minha Estácio	Minha Estácio Meu Ibmec
Aplicativos docentes	Estácio docente	Estácio docente Wyden docente Ibmec docente
Hub interno de *edtechs*	EnsineMe	EnsineMe QConcursos
Atividades nos cursos presenciais	Aulas remotas	Aulas remotas Aulas e práticas presenciais

TABELA I - Base de alunos presenciais e plataformas DIGITAIS

A avaliação dos alunos em relação aos serviços educacionais, em plena pandemia, se mostrou muito positiva.

Os dados a partir de pesquisa interna realizada pela instituição, atualizados em 30/04/2021, e publicados em seu relatório financeiro apontam para uma melhoria de 17 percentage points (pp) no Net Promoter Score (NPS). Já na comparação de ano contra ano, entre 2020 e 2021, o NPS apresentou um crescimento histórico de 21 pp.

4.2 Análise dos resultados

Os dados apresentados evidenciam que o grupo educacional pesquisado respondeu rapidamente ao desafio da continuidade das atividades pedagógicas dos cursos presenciais em virtude de algumas condições internas favoráveis.

Destaca-se o investimento maior em transformação digital que começara dois anos antes da pandemia da Covid-19. Tal investimento se traduziu em um processo de digitalização de parte do ensino-aprendizado dos cursos presenciais, seja por meio de disciplinas totalmente online ou disciplinas híbridas.

A rápida reposta está vinculada, também, à existência de aplicativos distintos para o corpo docente e o corpo discente. Tais aplicativos passaram por melhorias ao longo da pandemia, possibilitando a realização de atividades típicas da rotina acadêmica.

Por parte dos alunos, a comunicação com a instituição, o acompanhamento da programação acadêmica e a possibilidade de estudo de conteúdos em dispositivos móveis

deram mais flexibilidade aos estudantes dos cursos presenciais em suas rotinas, algo que antes era mais comum nos cursos a distância.

Por parte dos docentes, se tornou possível a realização do lançamento e fechamento de diários ou pautas, com facilidades para se registrar a frequência dos alunos, o conteúdo ministrado, as notas das avaliações e outras informações acadêmicas.

Alguns dos desafios que os docentes encontraram estiveram relacionados com a necessidade de transformar o ensino remoto em algo que superasse um "simulacro da sala de aula" para se tornar um verdadeiro encontro virtual pedagógico.

No caso da YDUQS, um fator favorável foi a experiência prévia dos docentes de cursos presenciais com metodologias voltadas para o uso de recursos digitais e ambientes virtuais.

Na implementação do novo modelo de ensino (modelo *Aura*) para os cursos presenciais, que coincidiu com o começo da pandemia, a atualização e a formação continuada do corpo docente contribuíram para um grau de improvisação menor na implantação do ensino remoto.

Sobressai ainda o aporte oferecido pelas *edtechs* internas, que proveram conteúdo digital produzido no próprio contexto da pandemia e desenvolveram recursos e condições para realização de processos avaliativos em ambientes virtuais.

Desse modo, as soluções tecnológicas foram em sua maior parte gestadas e geridas internamente, o que aumenta a possibilidade de conciliação entre a resposta tecnológica e os critérios pedagógicos.

O sucesso da resposta à crise instaurada pela pandemia se reflete nas pesquisas internas da YDUQS junto aos seus alunos e nos índices de retenção.

O aumento no nível de satisfação dos alunos dos cursos presenciais em face das soluções tecnológicas, didáticas e pedagógicas representa uma percepção de que a instituição adotou estratégias e fez escolhas pertinentes e responsáveis.

No entanto, a rápida migração dos cursos presenciais para os ambientes virtuais e os indicadores de retenção e de satisfação dos alunos apontam apenas para alguns aspectos da gestão educacional. Os dados apresentados nos relatórios não tratam, por exemplo, da gestão da aprendizagem nem dos indicadores relacionados com o desempenho acadêmico dos alunos durante a pandemia.

Também estão de fora dos dados analisados as implicações que a digitalização do ensino e da aprendizagem em larga escala provocam nas interações entre alunos e professores e, também, entre alunos e alunos.

Esses aspectos têm sua relevância porque, de acordo com Castañeda e Selwyn (2019), o desenho comercial de sistemas e *softwares* educacionais molda cada vez mais as formas de ensino e aprendizagem das universidades. Assim, independentemente da intenção pedagógica dos educadores universitários, o *software* que utilizam molda o que pode e o que não pode ser feito em aula.

CONCLUSÕES

A partir da fundamentação teórica apresentada aqui e dos dados e análises referentes à implantação do ensino remoto nas instituições do grupo YDUQS, conclui-se que a tecnologia viabiliza e condiciona os processos de comunicação, interação e relacionamento no âmbito educacional.

Uma infraestrutura tecnológica robusta e o uso de diferentes recursos digitais na educação antes do começo da pandemia compõem um cenário que ofereceu condições para uma resposta menos demorada e nem tão improvisada em face da necessidade de transferir as atividades pedagógicas para ambientes virtuais.

A mediação tecnológica, porém, isoladamente, não garante nem explica o sucesso da resposta educacional. Outros aspectos certamente têm sua contribuição.

Assim, esses dados, ainda que necessários e relevantes, não são suficientes para darem conta de todos os aspectos implicados na mediação tecnológica e pedagógica durante a pandemia de Covid-19 nas instituições de ensino superior da YDUQS.

É necessário um avanço e detalhamento na pesquisa para ir além desse nível macro e investigar no nível micro os dados relacionados com a implementação do ensino remoto.

A análise dos dados referentes à gestão acadêmica deve ser complementada por indicadores específicos para compreender os desafios da aprendizagem mediada tecnologicamente durante a pandemia. Esta é uma das possibilidades de investigação para compreensão dos desafios educacionais durante a pandemia.

REFERÊNCIAS

Baggaley, J. (2020). Educational distancing. Distance Education, 41, 582-588.

Behar, P. (2020). O ensino remoto emergencial e a educação a distância. Coronavírus, UFRGS.

Canole, G. (2010). Bridging the gap between policy and practice: A framework for technological intervention," Journal of e-Learning and Knowledge Society, v. 6, pp. 13-27.

Castañeda, L.; Selwyn, N. (2019). Reiniciando la universidad**:** buscando un modelo de universidad en tiempos digitales. Barcelona: Editorial UOC.

Dusek, V. (2009). Filosofia da tecnologia. São Paulo: Loyola.

Feenberg, A. (2015). Tecnologia, modernidade e democracia. Lisboa: MIT Portugal, Inovatec.

Freitas, S.; Canole, G. (2010). Leaners experiences: How pervasive and integrative tolos influence expectations of study. In: Sharpe, R.; Beetham, H.; Freitas, S. (Eds.). Rethinking learning for a digital age: How learners are shaping their own experiences. New York: Routledge.

Hodges, C. et al. (2020). The difference between emergency remote teaching and online learning. Educause Review, 27.

Davis. E. (2020). What is remote teaching. Top Hat, Glossary.

Mattar, J.; Loureiro, A.; Rodrigues, E. (2020). Educação online em tempos de pandemia: desafios e oportunidades para professores e alunos. Interacções, v. 16, n. 55, pp. 1-5, 2020.

Saldanha, L. C. D. (2021). The Discourse of Remote Teaching During the COVID-19 Pandemic. Journal of Higher Education Theory and Practice, [S. l.], v. 21, n. 4.

Saldanha, L. C. D. (2022). Technological Mediation in Remote Teaching During the Covid-19 Pandemic. 17th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2022, p. 1-7, doi: 10.23919/CISTI54924.2022.9820052.

Veloso, B., Mill, D. (2022). Distance Education and Remote Teaching: opposition by the vertex. SciELO Preprints.

YDUQS. (2020a). Divulgação de resultados 1T20. YDUQS Participações S.A., Rio de Janeiro.

YDUQS. (2020b). Divulgação de resultados 3T20. YDUQS Participações S.A., Rio de Janeiro,.

YDUQS. (2021a). Divulgação de resultados 1T21. YDUQS Participações S.A., Rio de Janeiro.

YDUQS. (2021b) Divulgação de resultados 2T21 & 1S21. YDUQS Participações S.A., Rio de Janeiro.

YDUQS. (2022). Unidades de negócio. YDUQS Participações S.A., rio de Janeiro.

Watters, A. (2021). Teaching Machines: The History of Personalized Learning. Cambridge: The MIT Press.

FABRÍCIO MORAES DE ALMEIDA: Possui graduação em Matemática pela UFMT (2000), Físico - Lei n. 13.691, de 10 de julho de 2018, Especialização em Física Básica - UFMT (2001), Esp. em Redes de Computadores - UNIRONDON (2009) , mestrado em Física pela Universidade Federal do Ceará (2002) e Doutorado em Física pela UFC (2005), Pós-doutorado - UFMT/CNPq (2009). E também com formação em Engenharia de Computação/Produção. Têm várias pesquisas cientificas com temas de Engenharia Elétrica, Computação/Produção; Inovação, Modelagem, Gestão e Desenvolvimento Regional; Modelagem Matemática e pesquisas interdisciplinares. É líder do grupo de pesquisa GEITEC/UFRO. Já orientou dezenas de teses e dissertações. Ademais, centenas de publicações cientificas em diversas revistas internacionais e nacionais.

E as áreas de atuação, são: Ciência de dados e Engenharia; Engenharia de computação; Engenharia de Software, Engenharia Elétrica; Engenharia de Produção; Gestão, Tecnologia e Inovação.; Modelagem e Ciências Ambientais; Sistema de Computação e Energia (para saber mais, acesse: http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhorh/5959143194142131).

Ademais, têm especializações pela FUNIP, em: Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção, Engenharia de Controle e Automação Industrial; Engenharia de Software e Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Tem experiência com: consultoria de pesquisa, tecnologia, engenharia, inovação e negócios; mais de 20 anos de experiência com administração e gerência de empresas públicas e privadas; também com vasto conhecimento em gestão de projetos; mais de 22 anos de estudos/pesquisas com computação e análise de dados. Atualmente, é professor associado 3 do departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Rondônia e docente do Programa de Pós-graduação: Doutorado/Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente da Fundação Universidade Federal de Rondônia (para saber mais, acesse: http://lattes.cnpq.br/5959143194142131).

A

Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) 97
Analise e desenvolvimento de software 45
Angra 1 1, 2, 16

C

CIE Lab (L*64.56, a* 0.23, b* 49.63) 41
Comissionamento virtual 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12, 13, 14, 15, 16

D

Dependência tecnológica 87
Diagrama de Atividade (DA) 43, 47
Diagrama de Caso de Uso (DCU) 43, 44, 45
Diagrama de Classe (DC) 43, 46
Diagrama de Sequência (DS) 43, 48

E

Econometric model 64, 66, 76
Educação a distância 83, 84, 85, 88, 94
Engenharia de computação 45, 96
Engenharia de requisitos 44, 50
Engenharia de robótica 11
Ensino da YDUQS 91

F

Fuzzy Cognitive Maps 21, 22, 23, 24, 29, 30, 31

G

Gêmeo digital 1, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17

I

ICMS tax 64, 65, 66, 68, 70, 71, 72, 73, 75, 76
Indústria 4.0 1, 2, 3, 7, 16, 21

L

Lenguaje C 97
Lenguaje: C# 35, 37
Level of correlation 68
LMS (*Learning Management System*) 87

M

Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) 21, 24

Medição de espessura 1, 2, 5, 6, 8, 9, 13

Method of Ordinary Least Squares (OLS) 97

Modelagem de software 43, 44, 45, 49, 50

Multiple linear regression 64, 68

N

Net Promoter Score (NPS) 92

O

Object Management Group (OMG) 43, 44

P

Produção de etanol e açúcar 20

Protótipo da UMRC 5

Q

Quantitative analysis 21, 30

R

Reality-Cantered Maintenance 21

S

SD model 64, 66, 80

Sistema de Visión por Computador (CVS) 32

Sistema ERP 97

Sistemas robóticos 1, 14, 16, 97

T

Tax effort index 64, 65, 66, 76, 77, 80

Transformação digital 90, 92

U

Unified Modeling Language (UML) 43, 44, 45

V

Valores RGB (R:177, B:56, G:147) 97

Visión artificial 33, 34, 41

INNOVATE:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2023

INNOVATE:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2023